

# Total BIM – modellbaserat och informationsdrivet arbetssätt

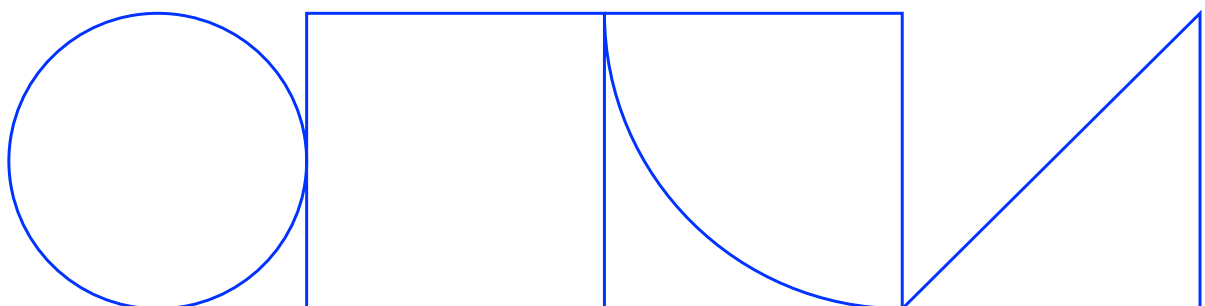
– En förutsättning för digital tvilling av byggprojekt

---

Mattias Roupé, Oliver Disney, Mikael Johansson  
Chalmers tekniska högskola

2024-05-02

**CHALMERS**



## Förord

Denna rapport är en populärvetenskaplig version av resultatet från forskningsprojektet "Total BIM – En förutsättning för digital tvilling av byggprojekt", som har resulterat i Oliver Disney tekniska licentiat "Total BIM: Toward transforming construction". En akademisk avrapportering finns i den tekniska licentiatavhandlingen, samt vetenskapliga artiklar som har publicerats kontinuerligt under projektet, se referenslistan.

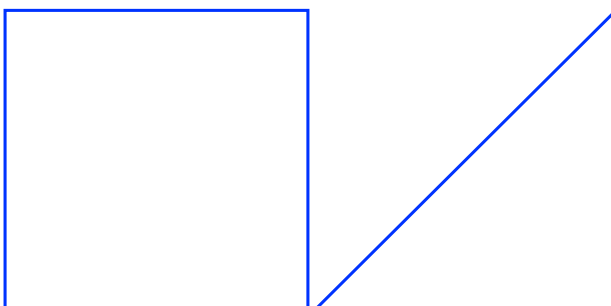
Projektet har genomförts av Oliver Disney, som varit doktorand vid Chalmers Tekniska Högskola, avdelningen Construction Management. Oliver har handledts av Mattias Roupé, som också varit projektledare, samt bihandledaren Mikael Johansson och Dilek Ulutas Duman. NCC Sverige AB har varit huvudman för projektet.

Vid sidan av finansiering från SBUF har projektet även ingått i Digital Twin Cities Centre, och därigenom delvis finansierats via Vinnova, Diarienummer 2019-00014, samt Centrum för Management i Byggsektorn vid Chalmers tekniska högskola.

Vi vill tacka de personer har deltagit i arbetsgrupp och på referensgruppsmöten, fallstudier, studiebesök, intervjuer, som öppet har delat med er av er kunskap och era projekt. Vi vill också speciellt tacka Johannes Ris, Per Höglin, och Kjell Karlsson, Byggstyrning för att ni öppet delat med er av kunskap, projekt och ert arbetssätt. Allt detta har bidragit till värdefull insikt, kunskap och till projektets resultat. Vi vill också rikta ett stort tack till de företag som aktivt deltagit i projektet; NCC, Skanska, Peab, Sweco, Byggstyrning, WSP, Tuve Bygg, Rendra, Vasakronan, tack alla ni som bidragit till projektet på olika sätt. Vi vill också tacka Byggföretagens utskott FoU-Väst för stöttning och diskussioner under projektet.

Göteborg, Maj 2024

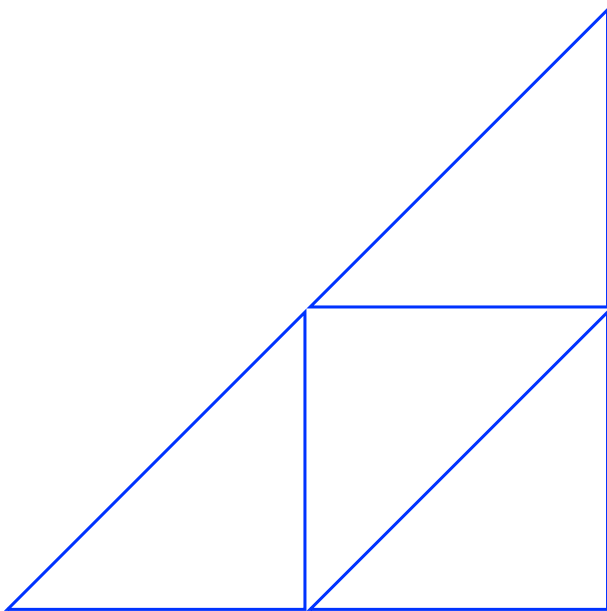
Mattias Roupé



## Sammanfattning

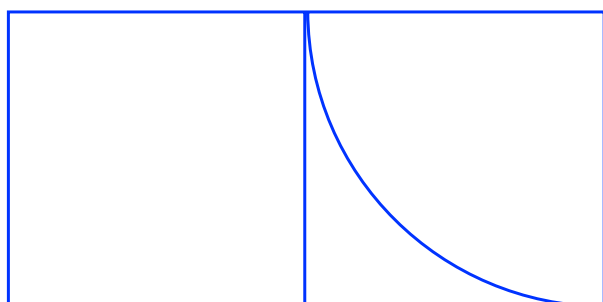
Byggnadsinformationsmodellering (BIM) har länge anses ha potential att revolutionera byggindustrin genom att öka effektiviteten och minska projektets kostnader. Trots detta har integrationen av BIM i byggprocessen stött på oväntade utmaningar, såsom långsam implementering, acceptans och tekniska begränsningar. Detta forskningsprojekt presenterar konceptet Total BIM, en metod där BIM används genomgående i alla faser av ett byggprojekt, inklusive byggproduktionen. Grundtanken inom detta koncept är att BIM ersätter traditionella 2D-ritningar som den primära informationskällan. Forskningsarbetet baseras på fallstudier och studiebesök från byggprojekt i Sverige och Norge som genomförts med denna metodik. Projekt valdes för deras tidiga implementering av modellbaserade användning i byggproduktionen d.v.s. användning av Total BIM. Data samlades in genom semi-strukturerade intervjuer med projektledare, arkitekter, och byggarbetare, observationer på byggplatser, och workshops med branschexperter. Analysen fokuserade på att utforska implementeringen och användningen av BIM som den enskilda informationskällan genom hela byggprojektets livscykel. Studien visar att Total BIM kan implementeras framgångsrikt i byggprojekt, vilket leder till förbättrad effektivitet, noggrannhet och samarbete mellan olika aktörer. Genom att använda BIM som den enda informationskällan uppmuntras och underlättas en mer integrerad och dynamisk arbetsprocess. Genom att tillgängliggöra BIM direkt på byggplatsen via molnbaserade applikationer och mobila enheter, kan yrkesarbetare enkelt hämta och skapa information under produktionen. Detta minskar risken för misstag och förbättrar arbetsflödet. Trots positiva resultat identifierades också utmaningar, såsom behovet av teknisk kompetens hos yrkesarbetare och initiala kostnader för teknisk infrastruktur. Dessutom kräver implementeringen starkt ledarskap för att få igenom en förändring och ett ändrat beteende och engagemang från alla projektmedlemmar för att framgångsrikt genomföra Total BIM. Denna förändring är främst ett fokus på en produktionsanpassad och modellbaserad projektering där projektering och produktion måste samarbeta för att få ut full effekt.

Total BIM erbjuder en lovande väg framåt för digitaliseringen av byggbranschen, med potential att förbättra hur byggprojekt genomförs. För att realisera dess fulla potential krävs dock fortsatta investeringar i teknik, utbildning och samarbetsprocesser. Framtida forskning bör fokusera på att utveckla standarder och riktlinjer för Total BIM-implementation, samt att undersöka dess långsiktiga effekter för byggindustrin, där en datainformerad byggprocess kan skapas. Genom att ta till sig konceptet med Total BIM kan byggindustrin ta ett stort steg mot en mer integrerad, effektiv och hållbar framtid, där digital teknik och samarbete ligger i centrum för alla projektaktiviteter.



# Innehåll

1. Inledning	5
1.1 Kritiken mot ritningar under byggproduktionen	6
1.2 Möjlighet med modellbaserad produktion	7
2. Syfte	10
3. Metod	10
4. Resultat	11
5. Slutsats	14
6. Referenser	16



# 1. Inledning

Byggnadsinformationsmodellering (BIM) har länge setts som en teknik med potential att revolutionera byggbranschen (Azhar, 2011; Sacks et al., 2018). Användandet av BIM har visat sig erbjuda många fördelar, såsom minskad fragmentering inom sektorn (Eadie et al., 2013; Fadeyi, 2017), ökad produktivitet (Zhang et al., 2017), och betydande kostnadsbesparingar (Chahrour et al., 2021). Trots dessa fördelar sker dock införandet av BIM i byggbranschen långsammare än förväntat (Azhar, 2011; Ghaffarianhoseini et al., 2017; Sacks et al., 2018; Samuelson och Stehn, 2023; Walasek och Barszcz, 2017).

Traditionellt har BIM främst använts inom projekteringsfasen, dels som ett effektivt 3D-modelleringsverktyg för projektörer, men också för koordinering och kollisionkontroller i syfte att upptäcka fel mellan olika discipliner (Davies och Harty, 2013; Eadie et al., 2013). Dock syftar oftast användandet av BIM i slutändan till produktion av 2D-ritningar, och det är få verkliga byggprojekt som har implementerat helt modellbaserade byggprocesser (Brooks et al., 2023). I praktiken leder detta till en form av "Hybrid-BIM", där resurser för vidare utveckling och utnyttjande av modellen istället används till en parallell process för skapande och uppdatering av 2D-ritningar. Studier har visat att så mycket som 41 % av tiden under projekteringen kan gå åt till att producera traditionella ritningar (Brooks et al., 2023). Ju närmare projektet kommer leverans av bygghandlingar, desto mindre fokus blir det oftast på BIM, primärt som en effekt av att modellen rangordnas lägre än ritningar eller saknar tydlig juridisk status. Resultatet blir att uppdateringen av modellen blir begränsad vilket gör den mindre pålitlig som informationskälla på byggarbetsplatsen. BIM används därför främst som en visuell representation och potentialen för att använda den som informationskälla för mängdning etc. går förlorad vilket inte ger den ökad produktivitet och kostnadsbesparingar som den var tänkt att tillföra.

På senare år har dock ett nytt modellbaserat tillvägagångssätt, känt som *Total BIM*, växt fram i både Sverige och Norge. Med detta koncept ersätts traditionella 2D-ritningar helt och hållet av BIM som då agerar som den enda informationskällan genom alla projektfaser (Cousins, 2017). Med Total BIM förutsätts ett genomgående digitalt arbetssätt, med modellen som juridiskt bindande informationskälla, och där produktionspersonal själva kan interagera med BIM via mobila enheter på arbetsplatsen. Hittills har dock detta koncept varit förenat med diverse tekniska utmaningar (Aune, 2018; Bråthen och Moum, 2016; Budarina, 2017; Cousins, 2017; Davies och Harty, 2013; Mershbock och Nordahl-Rolfsen, 2016; Rybus, 2022), vilket har försvårat kompletta implementering av Total BIM och därmed saknas i många och mycket också dokumenterade, framgångsrika resultat från verkliga fallstudier (Brooks et al., 2023; Tu et al., 2023).

Denna forsknings- och doktorandstudie, teknisk licentiat: *"Total BIM: Toward transforming construction"* Disney (2024), syftar till att adressera nuvarande problematik och forskningsklyfta och bidra med förståelse och kunskap för både praktiker och forskare genom att undersöka empiriska resultat från banbrytande Total BIM-projekt. Genom att analysera data från tre fallstudier – ett avslutat och två pågående projekt – tillsammans med ytterligare kvalitativ data från intervjuer,

workshops, platsbesök och tillgång till företagspresentationer och dokumentation, strävar forskningsstudien efter att förstå vad Total BIM innebär för byggbranschen, hur det kan bidra till ökad hållbarhet och produktivitet, och driva den digitala transformation som inte tidigare uppnåtts i traditionella BIM-projekt. Kan Total BIM skapa en datainformerad byggprocess – så som BIM från början var tänkt att åstadkomma? Kan modellen – till skillnad från traditionella, pappersbaserad dokumentation och ritningar – bli den primära informationskällan under byggproduktionen?

## 1.1 Kritiken mot ritningar under byggproduktionen

Ritningar har traditionellt varit det primära mediet för att kommunicera den information som behövs för att bygga en byggnad eller anläggning (Brooks et al., 2023; Eastman et al., 1974). Samtidigt har ritningar länge kritiserats för felaktigheter och misstolkningar som resulterar i frustration, oväntade kostnader, förseningar och rättstvister (Brooks et al., 2023; Davies och Harty, 2013; Eastman et al., 1974; Sacks et al., 2018).

Kritiken mot ritningar inkluderar:

- 3D-information förmedlas och plattas till i ett 2D-format; därför måste information dupliceras och två parallella processer skapas (Eastman et al., 1974).
- Projekteringsändringar innebär att nya ritningar behöver produceras, skrivas ut och levereras (Eastman et al., 1974), och ändringar kommuniceras inte alltid på ett lämpligt sätt (Aibinu och Venkatesh, 2014).
- Ritningar innehåller statisk information som skapas vid en fast tidpunkt (Van Berlo och Natrop, 2015), vilket snabbt blir föråldrat (Gaunt, 2017).
- Det krävs mycket arbete för att producera, uppdatera och underhålla ritningar (Aibinu och Papadonikolaki, 2020; Eastman et al., 1974), vilket alla är kostsamma aktiviteter (Davies och Harty, 2013).
- Att hitta information från ritningar inför och under produktionsmoment utgör en stor del av den totala tiden för själva aktiviteten (Brooks et al., 2023).
- På grund av deras fysiska format innehåller ritningar begränsad information som kanske inte är mest lämplig för byggnadsarbetare (Van Berlo och Natrop, 2015).
- Ritningar kan vara svåra att tolka, vilket leder till fel och bortkastad tid på byggarbetsplatsen (Brooks et al., 2023).
- Oftast skapas två parallella processer under projekteringen där ritningar gäller som juridisk handling vilket gör att BIM främst används som en visuell informationskälla och inte vågar användas fullt ut. (Påsse et al., 2023)

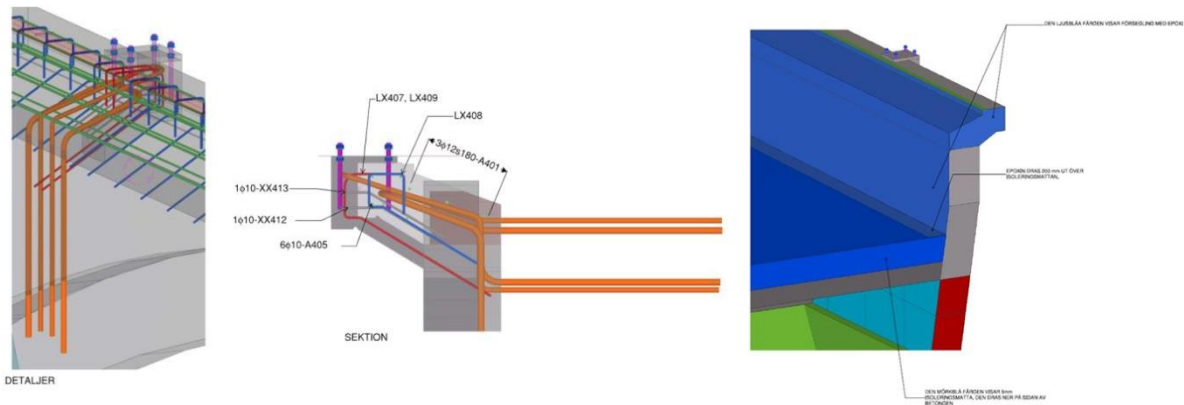
Medan ritningar länge har varit otillfredsställande, fortsätter de att vara standardrepresentationen, vare sig i digitalt eller pappersbaserat format (Davies och Harty, 2013), främst på grund av att de är väl testade i lag och praxis (Brooks et al., 2023). Även om det är möjligt att göra anteckningar, markeringar, etc. på 2D-ritningar, är de "döda" dokument som skapas vid en statisk tidpunkt (Van Berlo och Natrop, 2015). Som jämförelse är BIM inte bara en ersättning för 2D-ritningar, utan det kan potentiellt vara en "levande" dynamisk informationskälla som främjar digital transformation (Lu et al., 2018).

## 1.2 Möjlighet med modellbaserad produktion

Trots att BIM är en vida använd teknik under projekteringsfasen, är dess aktiva användning under byggproduktionen mycket mindre (Tu et al., 2023). Samtidigt har studier visat på tydliga fördelar med att öka användningen av BIM under produktionsfasen, vilket därför kan anses avgörande för att realisera teknikens fulla potential (Tu et al., 2023). Som ett alternativ till traditionella tekniska ritningar har modellbaserade metoder redan visat sig framgångsrika inom tillverknings-, bil- och flygindustrin (Brooks et al., 2023; Quintana et al., 2010). Hedberg et al. (2016) studerade tillverkningsföretag och fann att skillnaden i designtid mellan ritningsbaserade och modellbaserade tillvägagångssätt var försumbar. Dock upptäckte de att modellbaserade metoder kan spara tid, förbättra kvaliteten och minska antalet fel. Byggprojekt som använder en modellbaserad process och metodik kan dra nytta av dessa fördelar och samtidigt undvika många av problemen som är associerade med 2D-ritningar och begränsat utnyttjande av BIM idag (Gaunt, 2017). Det är viktigt att förstå innebörden av modellbaserat byggande och vad denna process innebär. Enligt Gaunt (2017) innebär modellbaserad projektering en "ritningsfri" process där leveransen istället är en digital modell till dess användare. Gaunt (2017) framhäver att modellen är den *"single source of truth"* som gör att BIM *"fungerar som en enda sanningskälla för all information som härstammar från den."* I denna rapport och FoU-studie refererar vi modellbaserat byggande till användningen av BIM även under byggproduktionen, vilket skiljer sig från traditionella ritningsbaserade metoder och "hybrid-BIM" där traditionella ritningsbaserade används tillsammans med BIM. Detta innebär att information extraheras direkt från BIM på byggarbetsplatser, där BIM är den *"single source of information/enda informationskällan"* för byggfasen (Brooks et al., 2023). Detta innebär aktiv användning av BIM utöver projekteringsfasen in i produktionsfasen och att det är möjligt att lita på BIM även under produktionsfasen.

Modellbaserade byggprojekt är dock fortfarande ovanliga och få kan därför idag ge en tydlig förklaring av vad modellbaserade processer är (Brooks et al., 2023). I de fall som projekt faktiskt har försökt sig på modellbaserat byggande har genomförandet ofta varit begränsat. Det första dokumenterade försöket till modellbaserat byggande genomfördes i Rölforsbron-projektet 2013. Vid den tidpunkten var dock inte hård- och mjukvara tillräckligt utvecklade för användning av modellen fullt ut på byggarbetsplatsen (Trafikverket, 2013). Arbetssättet fick därför kompletteras med *produktionsanpassade vyer* som skapades av projektören i samråd med yrkesarbetarna (Trafikverket, 2013).

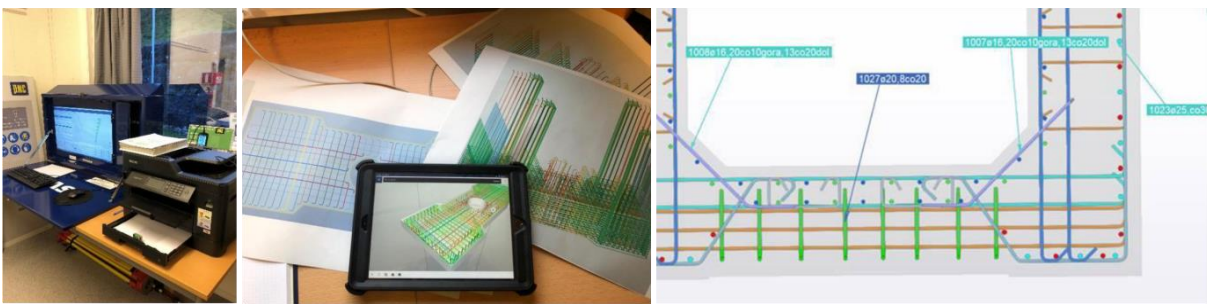




Figur 1: I syfte att komma runt begränsningarna i dåvarande hård- och mjukvara skapades *Produktionsanpassade Vyer* från modellen för användning på arbetsplatsen.

Även i mer nyligen genomförda projekt finns fortfarande utmaningar, bl.a. kopplade till standardkontrakt och att intressenter har begränsade digitaliseringskunskaper (Budarina, 2017; Mershbock och Nordahl-Rolfen, 2016; Rybus, 2022). Programvaran som används i modellbaserade projekt är oftast inte utvecklad för användning på byggarbetsplatser, saknar funktioner för filtrering och enkel mättagning, och användargränssnittet är gjort för specialister och ingenjörer snarare än för byggnadsarbetare och för användning på byggarbetsplatsen (Aune, 2018; Budarina, 2017; Rybus, 2022; Trafikverket, 2013; Ulvestad och Vieira, 2021).

Dessutom har modellbaserade byggprojekt huvudsakligen varit begränsade till anläggningsprojekt, och få husbyggnadsprojekt har använt metoden (Brooks et al., 2023). När programvara och hårdvara inte fungerar effektivt för sitt avsedda syfte begränsar de omfattningen av hur modellbaserade byggprocesser kan genomföras. I dessa fall har byggarbetsplatserna blivit tvungna att skapa *Produktionsanpassade Vyer* från modellen och skrivs ut på papper (Abu-Hawesh et al., 2020; Trafikverket, 2013; Ulvestad och Vieira, 2021), och då går många av fördelarna med att arbeta med en enda dynamisk information källa förlorad.



Figur 2: Olika varianter av *Produktionsanpassade Vyer* är ett återkommande tema i tidiga modellbaserade projekt

Avses dessutom ritningar att användas parallellt med BIM så kommer mycket tid och pengar gå åt till att producera dessa. Som tidigare nämnts har forskning visat att ca. 41 % av tiden i ett BIM projekt kan gå åt att producera ritningar (Aibinu och Papadonikolaki, 2020). Dessutom kommer yrkesarbetarna antagligen att återgå till traditionella arbetssätt som de känner sig mer trygga med. Därför är det avgörande att programvaror och hårdvara utvecklas som stödjer modellbaserade byggprocesser med BIM som primär informationskälla.

Utifrån dokumenterade BIM-projekten genomförda i Norden går det sammanfattningsvis att konstatera att användning av BIM på byggarbetsplatser på inget sätt är en ny företeelse, dock är den ofta begränsad. Dessa begränsningar inkluderar:

- De flesta BIM-projekten är anläggningsprojekt där BIM specifikt används för armeringsarbeten. Detta kan bero på att programvara som Tekla Structures är utformad för att stödja en 3D-modellbaserad metod för armeringsjärn och stålkonstruktioner.
- Det har varit svårt att filtrera och mäta objekt i programvaror som Solibri och Navisworks, vilka inte fungerar effektivt för mätningar på plats.
- Byggarbetsplatsen saknar ofta kompetens för att använda programvara avsedd för expertanvändare, och det råder vanligtvis brist på resurser på platsen för att övervinna dessa hinder.
- Begränsningar i mjuk- och hårdvara tvingar arbetarna att skriva ut vyer på papper snarare än att aktivt använda BIM på mobila enheter, vilket är jämförbart med att arbeta med statiska informationskällor.
- Programvaror har fortfarande interoperabilitetsproblem och behöver optimeras ytterligare för stora modeller.
- Standardkontrakt behöver modifieras för att stödja BIM som en juridiskt bindande bygghandling. I vissa länder kanske detta för närvarande inte är möjligt.

I Sverige och Norge har de senaste åren ett nytt modellbaserat tillvägagångssätt växt fram, känt som Total BIM, där BIM helt och hållet ersätter traditionella 2D-ritningar och agerar som den enda informationskällan genom alla projektfaser (Cousins, 2017). Total BIM implementeras som en juridiskt bindande informationskälla, där yrkesarbetare kan interagera med BIM via mobila enheter på arbetsplatsen. Detta medför att "hybrid-BIM" försvinner, d.v.s. det arbetssätt med parallella processerna som idag används för att ta fram traditionella ritningar samtidigt som BIM tas fram. I praktiken är dock Total BIM ett väldigt nytt koncept och fortfarande förenat med tekniska utmaningar (Aune, 2018; Bråthen och Moum, 2016; Budarina, 2017; Cousins, 2017; Davies och Harty, 2013; Mershbock och Nordahl-Rolfsen, 2016; Rybus, 2022), vilket dels har komplicerat fullständiga implementering av arbetssättet men även gjort att det faktiskt saknas framgångsrika fallstudier från verkliga projekt (Brooks et al., 2023; Tu et al., 2023). I detta forskningsprojekt har därför Total BIM och dess ingående processer studerats på djupet.

## 2. Syfte

Syftet med detta doktorandprojekt är att skapa kunskap och förståelse kring vilka mekanismer och faktorer som påverkar utfallet vid genomförandet av ett Total BIM projekt. Utifrån denna förståelse kan sedan en process från projektering, upphandling/inköp till produktion och förvaltning skapas. Denna process kan således agera som en katalysator för digital utveckling mot produktionsanpassad BIM och en digital tvilling av byggarbetsplatsen. I detta projekt kommer Total BIM konceptet primärt angripas utifrån ett produktionsperspektiv. Målsättningen är att detta skall leda till en mer produktionsanpassad projektering och i slutändan en mer effektiv och produktiv byggproduktion.

Följande forskningsfrågor har studerats:

- Vad är Total BIM?
  - Hur genomförs Total BIM projekt idag?
  - Vilka förutsättningar och faktorer är viktiga för att lyckas?
  - Vilka problem och effekter uppstår?
  - Kan även mindre företag och projekt implementera detta nya arbetssätt i deras verksamhet?

## 3. Metod

Denna forskningsstudie har varit ett doktorandprojekt fram till teknisk licentiatexamen (Disney, 2024). Forskningsstudien har följt Total BIM- och produktionsanpassad BIM-projekt för att studera, undersöka, dokumentera för att därefter ta fram rekommendationer och utveckla processer som stödjer denna typ av digitalisering av byggprocessen. De projekt som har studerats, där Total BIM-konceptet används, är Celsius och LUMI (Uppsala); SB47 och Nattugglan (Stockholm); samt Nya Hovås och Kaj 16 (Göteborg). I dessa fallstudier har totalt 19 semistrukturerade intervjuer genomförts mellan 2021 och 2023.

Utöver de sex fallstudierna gjordes även fem studiebesök på projekt i Norge med arbetsgruppen/referensgruppen. Under dessa studiebesök genomfördes även workshoppar tillsammans med gruppen. Under studiebesöken och de studerade projekten låg fokus primärt på hur digitala verktyg och processer kan användas för att stödja implementeringen av Total BIM och hur produktionsanpassad BIM kan användas på byggarbetsplatsen.

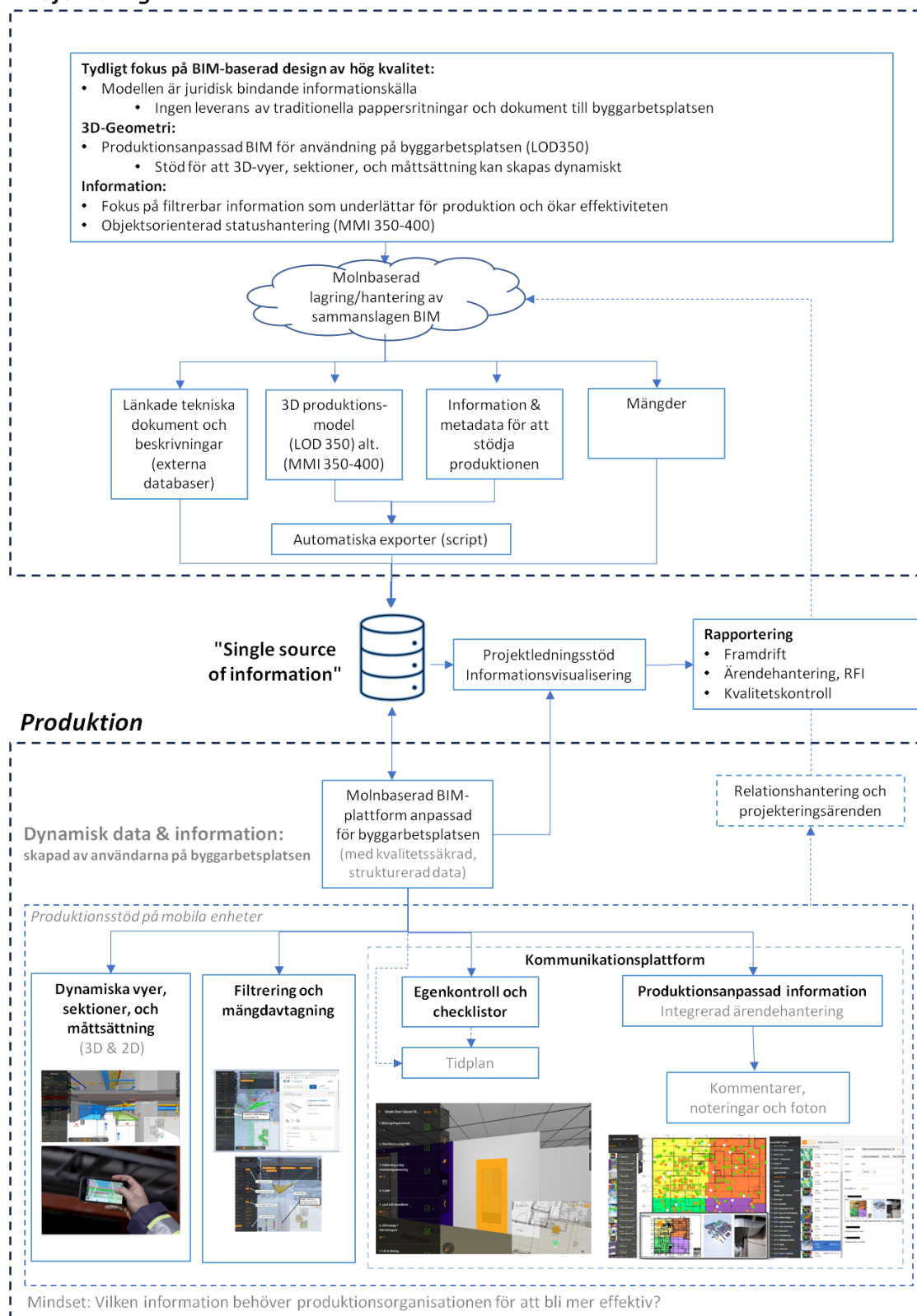
Fallstudierna, studiebesöken och workshoparna gav möjligheter till att på ett strukturerat sätt undersöka, dokumentera, och analysera dessa nya arbetsprocesser för att sedan vidareutveckla dem. Under detta arbete identifierades även hinder och möjliggörare för dessa nya typer av processer. I vissa fall implementerades dessa processer och verktyg direkt i fallstudierna i FoU-projekt.

## 4. Resultat

Denna forskning har fyllt en kunskapslucka genom att tillhandahålla empiriska data och konkreta exempel från fallstudier och byggprojekt där Total BIM metodiken har använts. Resultaten visar att det är möjligt att implementera Total BIM och övervinna de hård- och mjukvaruproblem som tidigare begränsat modellbaserade BIM-projekt (Aune, 2018; Bråthen och Moum, 2016; Budarina, 2017; Cousins, 2017; Davies och Harty, 2013; Mershbock och Nordahl-Rolfson, 2016; Rybus, 2022; Trafikverket, 2013; Ulvestad och Vieira, 2021). Total BIM är ett tillvägagångssätt som strävar efter att fullt ut integrera BIM, från projektering till produktion och förvaltning, och eliminera parallellproduktion av 2D-ritningar och statisk dokumentation som lätt blir föråldrat under processen. Genom att göra sig av med pappersbaserade 2D-ritningar och informationskällor erbjuder Total BIM möjligheten att frigöra värden som inte tidigare varit möjliga i traditionella projekt. För att fullt ut realisera potentialen i Total BIM krävs dock mer än bara implementering av en modellbaserade byggprocess; det kräver även en förändring i vision och angreppssätt kring BIM-implementering och genomförandeprocessen. Vem är mottagaren av informationen? Hur kan vi strukturera modellen och informationen så att mottagarna kan bli mer effektiva? Hur kan vi skapa bättre projektkommunikation och produktionsinformation under produktionen som kan underlätta i senare skede?

# Total BIM: digital process & informationsflöde

## Projektering



Figur 3. Övergripande process och informationsflöde med Total BIM (Disney et al., 2023a).

Denna forskningsstudie har också försökt att definiera vad Total BIM är och vad som krävs för att en modellbaserade byggprocess skall kunna implementeras framgångsrikt (Disney et al., 2022, Disney et al., 2023a). Genom att använda ny användarvänlig programvara och fokusera på produktionsanpassad projektering för byggarbetsplatsen kan en övergång från statiska 2D-ritningar till en levande och dynamisk molnbaserad BIM ske (Disney et al., 2023a), se figur 2. Detta ger yrkesarbetare möjlighet att själva extrahera och skapa den information de behöver, i stället för att enbart förlita sig på information som tillhandahålls av projektörer. Dessutom ger BIM-plattformen, i detta fall StreamBIM, möjlighet till andra funktioner såsom ärendehantering och checklistor och skapar därmed nya möjligheter för kommunikation och övervakning och analys på byggarbetsplatsen (Disney et al., 2023a), se figur 3.

I fallstudien Lumi, som är ett återbruksprojekt, visade det sig att Total BIM kan vara en effektiv lösning för att hantera information kopplat till hållbarhetskrav och återbruksdata (Disney et al. 2023b). Traditionella projekt och metoder som bygger på 2D-ritningar eller "Hybrid-BIM" saknar ofta modellbaserad strukturerad information som går att lita på och det kan därför bli kostsamt att analysera eller utmanande att ta beslut ifrån (Disney et al. 2023b). Resultaten från fallstudien visar hur Total BIM används för att öka återbruk av komponenter och material i renoveringsprojekt genom att integrera hållbarhetsdata i BIM. Denna integration möjliggör proaktiva, datadrivna beslut för att minska koldioxidutsläppen i senare skeden av byggprocessen.

Studien har också visat flera positiva effekter av att implementera Total BIM för yrkesarbetare, framförallt när det gäller förbättrade arbetsförhållanden kring säkerhet och byggbarhet. Vidare har det blivit tydligt att Total BIM kan öka mindre företags deltagande genom en förenklad anbudsprocess för underentreprenörer – något som faktiskt går tvärt emot vad många internationella forskare förutsett. Underentreprenörer tillhandahölls mängdlistor från BIM, vilket minskade behovet av tidskrävande manuella beräkningar och som i slutändan ledde till fler och mer jämnt fördelade anbud. Studien visar även att dagens yrkesarbetare dels har tillräcklig kompetens för att arbeta med Total BIM men också att de i hög utsträckning föredrar det, då det underlättar kommunikationen. Trots detta är det viktigt att belysa kvarvarande utmaningar, bl.a. att projektörer ofta saknar processer för kvalitetssäkring i Total BIM-projekt, där BIM, snarare än ritningar, är juridiskt bindande, samt att det krävs en förändring i nuvarande process och praxis om underentreprenörer förväntas delta i den slutliga projekteringsfasen. Dessa utmaningar till trots så visar detta projekt att Total BIM redan idag har potential att leverera en nödvändig digitala omställning som krävs för att transformera byggindustrin. Dock är dess framgång för närvarande starkt beroende av expertis och ledarskapsförmåga hos de som genomför förändringen och ett ändrat "mindset", kultur, och förståelse kring överlämnande av information till nästa fas i byggprocessen och hur dess mottagare skall kunna använda modellen på ett effektivt sätt.

## 5. Slutsats

Total BIM är i mångt och mycket ett "all-in" BIM arbetssätt, där modellen sätts i centrum. Modellen ses som en "single source of information" genom sin molnbaserade lagringsmiljö och är produktionsanpassad för att stödja effektivare arbeten på byggarbetsplatsen. Modellen är juridiskt bindande och arbetssättet förespråkar att inga traditionella ritningar bör användas, då dessa är statiska med begränsad möjlighet till dynamiskt sammankopplad information. Total BIM stödjer därför en datainformerad arbetsprocess där länkad data och information med fördel även skapas under själva byggproduktionen.

Resultatet från fallstudierna och de byggprojekt där Total BIM metodiken har använts visar att det är möjligt att implementera Total BIM och överkomma de tekniska utmaningar som tidigare begränsat avancerade BIM-projekt. Total BIM integrerar BIM från projektering till produktion och förvaltning och eliminerar behovet av parallella 2D-ritningar, vilket öppnar upp för mer effektiva arbetsprocesser. Följande slutsatser går att dra från studien.

- **Förändring i arbetsmetoder:** Genom att använda ny och användarvänlig programvara kan byggarbetsplatser övergå från statiska 2D-ritningar till en dynamisk, molnbaserad BIM-miljö. Detta skifte möjliggör för yrkesarbetare att proaktivt generera och använda strukturerad information under byggfasen, vilket minskar beroendet av att projektörer spenderar tid på att producera ritningar och i stället kan fokusera på att skapa produktionsanpassade modeller som byggarbetsplatsen direkt kan använda och bli mer effektiva. Detta kommer kräva nya processer och "mindset"/kultur som stödjer och för samman bättre samarbete mellan projektörer och produktionspersonal för att skapa genomtänkta och produktionsanpassade modeller med rätt information som stödjer produktionen.
- **Förbättrade arbetsförhållanden:** Implementeringen av Total BIM har visat sig förbättra arbetsförhållanden genom ett ökat fokus på säkerheten och byggbarhet. Det förenklar processerna och ger yrkesarbetare bättre verktyg för att utföra sina arbetsuppgifter, vilket leder till en säkrare och mer organiserad arbetsplats där skyddsronder genomförs och kommuniceras via den molnbaserad BIM-miljö.
- **Inkludering av mindre företag:** Trots tidigare oro för att högkvalitativa BIM-projekt kan utesluta mindre företag, har detta forskningsprojekt funnit att Total BIM faktiskt kan öka dessa företags deltagande. Detta beror på en förenklad anbudsprocess där underentreprenörer får tillgång till mängdninglistor direkt från BIM, vilket underlättar framtagningen av anbud och bidrar till en effektivare och mer rättvis fördelning av anbud. I fallstudierna togs dessutom licenskostnaderna för den molnbaserad BIM-miljö av projektet, samtidigt som externa yrkesarbetare fick utbildning av projektorganisationen när de kom till byggarbetsplatsen.
- **Ökad hållbarhet:** Total BIM stödjer integration av hållbarhetsdata i byggprojekt, vilket möjliggör för intressenter att fatta proaktiva och informerade beslut som bidrar till minskade koldioxidutsläpp. Denna möjlighet är särskilt värdefull i

återbruksprojekt, men även i framtiden då hållbarhetsdata och miljökraven antas bli hårdare.

- **Utmaningar och framtidsutsikter:** Trots de positiva resultaten kvarstår dock utmaningar, särskilt kring kvalitetssäkringsprocesser för projektörer inom Total BIM-projekt. Dessa utmaningar måste adresseras för att fullt ut kunna realisera potentialen av Total BIM. Framtiden för Total BIM är lovande, men dess framgång är starkt beroende av ledarskap och expertis från de som driver igenom denna förändring.

Sammanfattningsvis visar studien att Total BIM inte bara förbättrar processer och arbetsförhållanden på byggarbetsplatser, utan också möjliggör en mer hållbar och inkluderande byggbransch. Total BIM och dess arbetsprocesser kan således agera som en katalysator för digital utveckling mot produktionsanpassad BIM och en digital tvilling av byggarbetsplatsen. Dock krävs fortsatt fokus på utbildning, kvalitetssäkring och ledarskap för att säkerställa att fördelarna med Total BIM kan realiseras fullt ut.



## 6. Referenser

- Aibinu, A. A., & Venkatesh, S. (2014). Integration of BIM and related technologies: Implications for project management. *Automation in Construction*, 45, 1-11.
- Aune B.O. (2018). Nedre Otta kraftverk [Nedre Otta power plant]. Retrieved from [https://geoforum.no/wp-content/uploads/2018/02/5\\_Aune.-Nedre-Otta-kraftverk.pdf](https://geoforum.no/wp-content/uploads/2018/02/5_Aune.-Nedre-Otta-kraftverk.pdf) [Accessed 16 March 2024].
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and management in engineering*, 11(3), 241-252.
- Bråthen, K., & Moum, A. (2016). The influence of BIM on conflict levels in Norwegian construction projects. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 21, 383-396.
- Brooks, T., Zantinge, R., & Elghaish, F. (2023). Investigating the future of model-based construction in the UK. *Smart and Sustainable Built Environment*, 12(5), 1174-1197.
- Budarina, N. (2017). Digital transition in the Swedish construction sector: Barriers and facilitators. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 22, 102-119.
- Chahrour, R., Hafeez, M.A., Ahmad, A.M., Sulieman, H.I., Dawood, H., Rodriguez-Trejo, S., Kassem, M., Naji, K.K. & Dawood, N. (2021). Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution. *Construction Management and Economics*, 39(1), 55-72.
- Cousins, B. (2017). Total BIM: Making it work. *Computers in Industry*, 85, 110-125.
- 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.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36, 145-151.
- Fadeyi, M. O. (2017). The role of building information modeling (BIM) in delivering the sustainable building value. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(2), 711-722.
- 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 and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1046-1053.
- Mershbock, P., & Nordahl-Rolfesen, C. (2016). Innovations in 4D CAD and GIS integration. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 21, 473-486.
- Disney, O., Roupé, M., Johansson, M., & Domenico Leto, A. (2022). Embracing BIM in its totality: a Total BIM case study. *Smart and Sustainable Built Environment*, In Press. <https://doi.org/10.1108/SASBE-06-2022-0124>

Disney, O., Roupé, M., & Johansson, M. (2023b). Driving circularity with Total BIM: An integrated approach to data-driven design. Proceedings of the 39th Annual ARCOM Conference, ARCOM 2023, 39, 114–123.

Disney, O., Roupé, M., Johansson, M., Ris, J., & Höglin, P. (2023a). 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>

Disney, O. (2024). Total BIM: Toward transforming construction. Licentiatavhandling, Chalmers Tekniska Högskola.

Rybus, T. (2022). Technological and human factors in BIM adoption: The perspective of the Polish construction industry. Journal of Civil Engineering and Management, 28(4), 290-301.

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.

Samuelson, O., & Stehn, L. (2023). Digital transformation in construction—a review. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 28, 385-404.

Trafikverket (2013). Model-based construction in infrastructure projects. Swedish Transport Administration Report.

Ulvestad, A., & Vieira, L. (2021). BIM as a tool for enhancing construction logistics. Journal of Construction Engineering and Management, 147(1), Article 04020138.

Van Berlo, L., & Natrop, M. (2015). BIM in construction: Exploring the impact on project actors. Engineering, Construction and Architectural Management, 22(6), 676-694.

Walasek, D., & Barszcz, A. (2017). Analysis of the adoption rate of building information modeling [BIM] and its return on investment [ROI]. Procedia Engineering, 172, 1227-1234.

Zhang, X., Azhar, S., Nadeem, A., & Khalfan, M. (2018). Using Building Information Modelling to achieve Lean principles by improving efficiency of work teams. International Journal of Construction Management, 18(4), 293-300.