

BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt

En jämförelse mellan dagens byggprocesser baserade på 2D-CAD och tillämpningar av BIM

Rogier Jongeling

Luleå tekniska universitet
Institutionen för samhällsbyggnad
Avdelningen för Byggproduktion

SLUTRAPPORT

BIM ISTÄLLET FÖR 2D-CAD I BYGGPROJEKT

**EN JÄMFÖRELSE MELLAN DAGENS BYGGPROCESSER BASERADE
PÅ 2D-CAD OCH TILLÄMPNINGAR AV BIM**

Rogier Jongeling

Stockholm 2008

Förord

Rapporten är resultatet av en kartläggning av praktisk användning av Byggnadsinformationsmodeller (BIM) i byggprocessen. Studien har jämfört användningen och tillämpning av BIM och 2D-CAD i ett antal delprocesser.

Syftet har varit att bidra med goda och konkreta exempel av nyttan med BIM till debatten om införandet av BIM i byggbranschen. Rapporten har en bred målgrupp; byggherrar, entreprenörer, leverantörer, arkitekter, teknik konsulter, politiker, m.m. Alla dessa berörs när informationen i byggprocessen kommer att hanteras på ett objekt-orienterat sätt.

Jag vill gärna tacka alla de organisationerna, nätverk och individer som jag samarbetat med i den studie som lett fram till denna rapport:

- ICT2008, som har initierat studien och stöttat i planering och genomförande.
- Svenska Byggbranschens UtvecklingsFond (SBUF), som ansett studien värdefull och delfinansierat en del av arbetet.
- Professor Thomas Olofsson, Luleå Tekniska Universitet, som har granskat rapporten.
- Peder Åkesson, Pythagoras AB, som har avsatt mycket av sin tid för olika intervjuer och diskussioner.
- Alla individer som medverkat vid intervjuer och samtal inklusive representanter för byggherrar, byggleddare, arkitekter, konstruktörer, installationskonsulter, byggentreprenörer.

Tack till styrgruppen som generöst har tagit tiden att diskutera studiens upplägg och resultat.

Stockholm, februari 2008

Rogier Jongeling

Projektets styrgrupp

Håkan Blom, ICT 2008

Carl-Erik Brohn, Forsen Projekt

Martin Asp, JM

Joacim Axelsson, Vasakronan

Marie Bergström, NCC

Jan-Olof Edgar, O & P Consulting

Anna-Brita Krakenberger, Sweco

Kurt Löwnertz, Sweco

Tore Strandgard, Incoord

Sammanfattning

Denna rapport redovisar resultat av en jämförelse mellan användandet av Byggnadsinformationsmodeller (BIM) och 2D-CAD i byggprojekt. Syftet är att skapa ett beslutsunderlag för aktörer i byggbranschen genom att lyfta fram exempel på fördelar och vinster med tillämpningar av BIM i form av tid, kvalitet, ekonomi. Studien har med hjälp av intervjuer med aktörer i ett 5-tal byggprojekt identifierat nyttan i ett antal delprocesser:

Underlag som tas fram under *projekteringsprocessen* har konsekvent högre till mycket högre kvalitet, är tydligare och mer integrerat. Projekteringsprocessen är i snitt 20% effektivare och upplevs dessutom som mer inspirerande och attraktiv jämfört med 2D-CAD-projektering.

3D-visualisering som stöd för *beslutsprocessen* anses av beslutsfattare som kommit i kontakt med BIM en förutsättning och en självklarhet i deras arbete. Kommunikation är tydligare och besluts- och försäljningsprocessen snabbare och enklare. Eftersom 3D-visualisering är en biprodukt av BIM-projektering är den kostnadseffektivt och direkt tillgängligt för användaren. Kostnader för interaktiv visualisering minskar med 30% om projekteringen görs med hjälp av BIM.

Samordningsprocessen är mycket effektivare, kvaliteten högre och resulterar i snabbare revideringsprocessen. Färre missförstånd uppstår och fler aktörer kan vara delaktiga. Teknikkonsulter uppskattar att samordningsfel minskar med minst 50%.

Kvaliteten på mängdavgagningsprocessen är högre och tiden för *mängdavgagningen och kostnadskalkyler* minskar med omkring 50%.

Teknikkonsulter påstår att de nu genomför fler *analyser* än vad de har gjort vid projektering i 2D, eftersom analyser är enklare och snabbare att genomföra. Analyserna bygger på ett mer exakt underlag från BIM-modellen jämfört med användningen av generella nyckeltal och antaganden. Teknikkonsulter och beställare är övertygade om att det bidrar till kvaliteten av slutprodukten.

Tillämpning av BIM under *planering och produktion* leder till enklare och snabbare kommunikationsprocesser mellan de olika aktörerna på arbetsplatsen. Underlaget från projekteringen anses vara av mycket högre kvalitet än i vanliga fall. Produktionen flyter bättre bland annat på grund av färre fel i underlaget. Entreprenörer som intervjuats uppskattar att kostnader för ändrings- och tillägsarbeten minskar med ca 50%.

Areahantering med hjälp av BIM för beställare och förvaltare blir effektivare. Användaren kan snabbt och enkelt ta fram area-information med tydlig presentation; ett arbete som annars hade tagit för mycket tid. Relationen mellan olika typer av information och integrationen av informationen blir bättre när fler användare har tillgång till samma information.

Nyttan med BIM-användning kvantifieras med hjälp av ett räkneexempel. Exemplet, som grundar sig på uttalande och uppskattningar från intervjuade aktörer, visar att det finns vinster för alla aktörer i projekt där BIM används. En konservativ uppskattning är att minst 4% av byggkostnader kan sparas. Nettobesparingen för arkitekter och teknikonsulter är 0 – 20% och för entreprenören 4%. Exemplet utgår från en oförändrad process där många potentiella besparingar inte har tagits med. Exemplet visar att BIM-teknologin redan kan ge en relativ stor effekt vid en begränsad tillämpning av BIM. Den potentiella nyttoeffekten av BIM är med stor sannolikhet mycket större. Studien har inte kunnat få fram underlag för att kunna göra en säker kvantitativ uppskattning av nyttan för beställaren och förvaltare. Istället har ett räkneexempel används där nyttan har beräknas utifrån ett livscykelperspektiv.

Min rekommendation är att framtida studier bör genomföras som fokuserar på nyttoeffekterna ur byggherrens och förvaltarens perspektiv. Vidare behövs det fler studier för att ta fram parametrar som mäter processutvecklingen. Utan objektiva mätningar är det mycket svårt att driva utvecklingsarbete av en BIM-driven byggprocess. Andra typer av rutiner och processer behöver tas fram för hantering av information i byggprocessen. Även rollen för en modellmanager och en Information Delivery Manual (IDM) bör utvecklas för att koordinera informationshanteringen i processerna. Nyttoeffekter från BIM-tillämpningar i mark- och anläggningsprojekt bör lyftas fram.

Nyckelord: 2D, 3D, BIM, projektering, samordning, produktion, nyttoeffekter

Förkortningar

3D-CAD	Tre-dimensionell Computer Aided Design
4D	3D-CAD integrerad med tidplan
5D	3D-CAD integrerad med kostnadskalkyler och tidplan
A	Arkitekt
ADT	Architectural Desktop
AEC	Architecture Engineering Construction
BH	Bygghandling
BIM	Building Information Model, Byggnadsinformationsmodell
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
DWG	Filformat utvecklat av Autodesk Inc.
FM	Facility Management
IAI	International Alliance for Interoperability
ICT	Information and Communication Technology

IFC	Industry Foundation Classes
IT	Information Technology
PIO	Project Information Officer
PU	Projektutveckling
K	Konstruktör
KPI	Key Performance Indicators
MSEK	Miljon Svenska Kronor
SH	Systemhandling
TE	Totalentreprenad
UE	Underentreprenör
VVS	Värme, Ventilation och Sanitet
ÄTA	Ändrings- och Tilläggsarbete

Innehållsförteckning

FÖRORD	III
SAMMANFATTNING.....	V
FÖRKORTNINGAR	IX
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	XI
1 INLEDNING	1
1.1 Varför en jämförelse mellan BIM och 2D-CAD?.....	1
1.2 Begrepp och förvirring	2
1.3 Metod och genomförande	3
2 NYTTOEFFEKTER I DELPROCESSER	7
2.1 Projektering	7
2.2 Presentation och beslutsprocesser	12
2.3 Samordning	16
2.4 Kalkyl och analyser.....	18
2.5 Planering och produktion	21
2.6 Areahantering.....	23
3 RÄKNEEXEMPEL	27
4 DISKUSSION OCH REKOMMENDATIONER	33
REFERENSER.....	39

1 INLEDNING

1.1 Varför en jämförelse mellan BIM och 2D-CAD?

Intresset för användning av BIM inom byggbranschen ökar. Arkitekter, teknikkonsulter, entreprenörer, leverantörer, projektledningsföretag, förvaltare, m.fl.; vill se nyttan med den nya teknologin. I stort sett varje branschtidning har publicerat artiklar om BIM-projekt med säljande illustrationer av 3D-modeller.

Mycket av diskussionerna kretsar kring den nya tekniken; oftast sett från en särskild aktörs perspektiv. Däremot finns få artiklar om hur BIM tillämpas i praktiken i byggprocessen. Ännu mindre rapporteras om konkreta nyttor och vinster av dessa tillämpningar, jämfört med det traditionella sättet att arbeta. Därför är det viktigt att vi börjar mäta fördelar och nackdelar för att kunna utveckla tillämpning av BIM-teknologin i byggbranschen. Utan studier av nyttan med process- och teknikutveckling blir det mycket svårt att driva förändringsarbete framåt.

Syftet med studien är därför att visa på konkreta nyttor och vinster av BIM-tillämpningar i byggprojekt jämfört med det traditionella sättet att jobba baserat på 2D-CAD. Resultatet av studien ska bland annat kunna användas av aktören inom byggbranschen som vill ta beslut om att använda BIM inom den egna verksamheten. Dessutom vill vi uppmana aktören att mäta resultat av ett sådant förändringsarbete för att kunna utveckla nya processer som tar till vara på möjligheterna som den nya tekniken erbjuder.

1.2 Begrepp och förvirring

Diskussionerna om BIM är ofta förknippade med diskussioner om tillämpningar av 3D-modeller för olika användningsområden, som visualisering för beslutsfattare eller för samgranskning av projekteringsunderlag. Det leder till förvirring om vad BIM är och inte är. Är det en teknik, en arbetsmetod, eller båda? Är en 3D-modell en BIM? Vad definieras som ett BIM-projekt?

BIM kommer från det engelska begreppet Building Information Model. Begreppet BIM är ett relativt nytt begrepp som beskriver något som har funnits mycket längre än så. Redan under 1970-talet introducerades begreppet Building Product Model, men dessa diskussioner har länge varit akademiska och därmed teoretiska. Det var inte förrän stora CAD-leverantörer, såsom Autodesk, Bentley Systems och Graphisoft började använda BIM begreppet som det stora genombrottet skedde. Autodesk definierar BIM som "3D, object-oriented, AEC-specific CAD".

En vidare definition av BIM är all information som genereras och förvaltas under en byggnads livscykel strukturerad och representerad med hjälp av (3D) objekt där objekt kan vara byggdelar, men även mer abstrakta objekt såsom utrymmen. BIM-modellering är själva processen att generera och förvalta denna information. BIM-verktyg är de IT-verktygen som används för att skapa och hantera informationen. BIM är alltså ingen teknik, men ett samlingsbegrepp på hur informationen skapas, lagras, används på ett systematiskt och kvalitetssäkrat sätt.

Enligt denna definition är en 3D-modell inte med automatik en BIM. Modellen ska vara objektorienterad och innehålla information om byggprocessen och produkten. Många av dagens 3D-modellen är endast uppbyggda för visualisering och består av "död" grafik, som till exempel ytor eller solider. Dessa 3D-modeller kan inte definieras som BIM eftersom modellerna saknar en objektorienterad struktur som innehåller information om vad de olika objekten representerar i den fysiska världen. En BIM kan dock vara en bas till en 3D-visualisering där den objektorienterade 3D-modellen förädlas med texturer, m.m., för att få fram attraktiva bilder och miljöer. För en samgranskningsmodell, där flera disciplin-specifika modeller kombineras till en gemensam modell, gäller samma princip. Modellen ska vara objektorienterad och innehålla information om processen och produkten den representerar. En ren grafisk samgranskningsmodell är ingen BIM, men kan vara baserad på en eller flera BIM.

Man kan fråga sig vad som definieras som ett BIM-projekt? Många aktörer jobbar internt med ett BIM-verktyg för att rationalisera och effektivisera den egna verksamheten och delar sedan en del av informationen med sig vid informationsutbyte med andra aktören i byggprocessen. Idag är det oftast 2D-modellfiler och filer med 3D-grafik genererade från en BIM och som utbyts. Frågan är om denna praxis kan kallas som BIM-projekt eller om det är ett steg till ett BIM-projekt? Det finns inget entydigt svar på dessa frågor. Man kan säga att det finns olika grader av hur BIM används beroende på informationen som genereras och förvaltas, och beroende på hur mycket av informationen används av aktörer och delas mellan olika aktörer. Viss information är alltid aktörsspecifik och behöver inte delas, men det finns mycket information som är av nytta för flera aktörer.

Anledningen att inte all information delas mellan aktörer är många. Det finns praktiska, strategiska, metodiska, tekniska och organisatoriska skäl för att bara en bråkdel av projektinformationen delas med andra på ett digitalt och objektorienterat sätt. Tekniska brister, såsom filformat, identifieras ofta som uppenbara hinder, men det är framförallt brist på utvecklade arbetsmetoder och organisatoriska hinder i projekten som är de största orsakerna för införandet av BIM i bygg- och förvaltningsprocessen.

Emellertid så visar denna studie att nyttoeffekter redan finns för dem som använder BIM internt. Studien visar också exempel på nyttoeffekter när fler av aktörerna kan samarbeta och dela på informationen i en BIM.

1.3 Metod och genomförande

För att kunna identifiera nyttoeffekter av BIM-tillämpningar i byggprojekt jämfört med det traditionella sättet att jobba måste man först veta vad som ska jämföras. Vilka processer, men framförallt, vilka aspekter ska jämföras? Hur ska resultat sedan analyseras och presenteras?

Studiens genomförande och analysmetod grundar sig på PENG-modellen. PENG är ett hjälpmedel och analysmetod som används för att analysera utfallet av planerade, pågående eller redan genomförda investeringar. Metoden tillämpas genom att man identifierar och värderar nyttoeffekter i pengar. Metoden är indelad i tre faser: förberedelsefasen, genomförandefasen och kvalitetssäkringsfasen.

Förberedelsefasen

1. Syfte
2. Skapa insikt
3. Bestäm och avgränsa objektet
4. Beskriv objektet

Genomförandefasen

5. Identifiera nyttoeffekter
6. Strukturera nyttoeffekterna
7. Värdera nyttoeffekterna
8. Beräkna kostnaderna för nyttan

Kvalitetssäkringsfasen

9. Validering och hinderanalys
10. Beräkna nettonytta

1.3.1 Förberedelsefasen

Studien utgår från ett antal fallstudier. Fem husprojekt valdes ut i samråd med projektets styrgrupp. Orsaken att vi valde endast husprojekt var för att avgränsa studien för att kunna göra detaljerade analyser i ett antal delprocesser:

- Projektering
- Presentation och beslutsprocesser
- Samordning
- Kalkyl och analyser
- Planering och produktion
- Areahantering

För varje fallstudie och varje delprocess valdes ett antal aktören med olika arbetsuppgifter som sedan intervjuades. Totalt intervjuades ett 30-tal personer under studien. Följande yrkeskategorier är representerade bland dem som blev intervjuade:

- Arkitekter
- Konstruktörer
- Installationskonsulter
- Projekteringsledare
- Byggherrar och projektledare
- Entreprenörer
- Fastighetsägare och beställare
- Myndigheter
- Förvaltare och serviceorganisationer

Aktörerna fick jämföra BIM med 2D-CAD med hjälp av följande aspekter:

- Tid
- Kvalitet
- Ekonomi
- Arbetsglädje
- Image

1.3.2 Genomförandefasen

Intervjudelen av studien strukturerades enligt de identifierade delprocesserna. Aktörerna fick först se ett exempel på en PENG-analys och berättade om deras arbetsuppgifter. Sedan användes det s.k. mindmaps för att fånga upp och strukturera bedömningar, uttalanden och exempel på skillnader mellan BIM-tillämpningar och en 2D-CAD driven process. Aktörerna fick under brainstormingsliknande former identifiera möjliga nyttoeffekter under 30-60

minuters tid där de blev guidade av intervjuaren enligt de ovan definierade delprocesserna och aspekterna. Sammanställningen av intervjuerna presenteras i Kapitel 2.

Med hjälp aktörernas bedömningar, uttalande och exempel definieras sedan ett räkneexempel för att värdera och kostnadsberäkna nyttoeffekterna. Räkneexemplet är baserat på ett fiktivt projekt där olika bedömningar har sammanställts. Anledningen att värderingen av nyttoeffekterna presenteras på detta sätt är att de olika aktörerna som blev intervjuade ville eller kunde inte uttala sig om säkra och osäkra nyttoeffekterna i de valda fallstudierna. För att kunna visa på helhetspotentialen för ett projekt användes därför ett fiktivt projekt som utgångspunkt.

Räkneexemplet inklusive en värdering av nyttoeffekterna och kostnaderna för nyttan presenteras i Kapitel 3.

1.3.3 Kvalitetssäkringsfasen

Kapitel 4 presenterar en diskussion av nyttovärderingen, hinder och rekommendationer för vidare arbete med nyttovärdering av BIM-tillämpningar.

2 NYTTOEFFEKTER I DELPROCESSER

2.1 Projektering

Projekteringsprocessen definieras som processen där arkitekter och teknikkonsulter använder CAD-verktyg för att ta fram digitalt underlag till bygg- och förvaltningsprocessen. Leveranserna av underlag är relaterade till de olika skeden i byggprocessen. Denna studie delar upp leveranser i tidiga skeden och bygghandlingar. Tidiga skeden består av bygglov- och systemhandlingar.

Nyttan av BIM för projektering:

- Effektivare process med tidsbesparingar på upp till 50% för vissa arbetsmoment.
- Rationellare process där modellen leder till underlag av högre kvalitet.
- Mer output från projekteringsprocessen utöver 2D-ritningar.
- Attraktiv och inspirerande process för medarbetare samt imageskapande mot kunder.

Underlaget består av olika typer av ritningar, beskrivningar och mängdförteckningar. Ritningar redovisar projektet i form av våningsplan, sektioner och detaljer, där varje projekterande aktör visar de delarna som aktören har ansvar för.

Vid 2D-CAD-projektering arbetar man med 2D-CAD modeller som redovisar projektet exempelvis horisontellt per våningsplan. Modellerna byggs upp med hjälp av 2D-linjer, måttsättning och symboler från bibliotek. Olika typer av linjer och symboler används för att visa olika byggdelar i modellen. Sättet att visualisera beror på typen av byggdela och om byggdelen är gömd eller inte.

Ritningsdefinitionsfiler används för att omvandla en 2D-modellfil till en eller flera så kallade plottfiler. Ritningsdefinitionsfilerna innehåller bland annat ritningsramen och pekar till ett område av 2D-modellen som ska redovisas på den utskrivna ritningen.

Utöver 2D-modellen och plottfiler för planer tar arkitekter och teknik konsulter sektioner fram som redovisar projektet i flera vertikala snitt. Sektioner tas fram för att redovisa våningshöjden, men även för att visa komplicerade delar i ett projekt, som till exempel ett trapphus eller ett fläktrum. Konsulterna tar dessutom fram olika typer av uppställningsritningar och ritningar av typdetaljer. All ritningar tas fram på samma sätt; med hjälp av 2D-linjer och symboler från bibliotek.

Från de olika 2D-modellerna sammanställs beskrivningar och listor som beskriver innehållet i projektet. Det innebär till exempel att man ofta räknar för hand hur många olika typer av dörrar det finns i ett projekt. För varje dörr samlas ett antal parameter från 2D-underlaget, men även från andra typer av underlag, som till exempel produktbeskrivningar. All information sammanställs sedan i uppställningsritningar och produktblad, som levereras utöver plan- och sektionsritningar.

Problemet är att allt underlag som levereras ska stämma överens. När en vägg med en dörr till exempel tas bort vid en revidering av underlaget i ett projekt innebär det att alla ritningar där väggen och dörren förekommer ska uppdateras. Dessutom skall alla beskrivningar och listor med materialmängder, som påverkas av väggen och dörren uppdateras. Ändringar påverkar dessutom ofta inte bara en aktör, men även underlaget för de övriga aktörerna.

Informationen finns på många olika typer av underlag, med olika presentationer, utan relation till varandra. Det gör att revideringsprocessen är tidsödande och känslig för fel. Revideringsprocessen upplevs dessutom av många som gammaldags och tråkig.

”Om man ser på hela processen tar det 50% av tiden och 50% av insatsen för att få fram handlingarna från en BIM jämfört med en 2D-praxis”

Arkitekt

BIM-projektering utgår i viss mån från samma princip som 2D-CAD projektering. Man jobbar med en modell som används för att ta fram olika typer av underlag. Skillnaden är dock att man jobbar med en modell, som

består av 3D-objekt. Dessa objekt är strukturerade enligt en objektstruktur och innehåller för datorn tolkningsbara parametrar, såsom längd, höjd, area, volym, material, egenskaper, m.m., men även information om läget och vad objektet representerar. Det innebär att visualisering i 2D och 3D, i olika skalor, på planer och sektioner kan göras till stor del automatiskt av CAD-programmet. Från en BIM tar man horisontella och vertikala snitt som med viss automatik måttsätts och som sedan resulterar i plottfiler. Snitt som tas från modellen är i regel 50-80% färdiga ritningar.

Från en BIM kan man dessutom generera beskrivningar, materiallistor, m.m. Underlaget tas fram från en och samma informationskälla vilket minimerar risken för felaktigheter i handlingarna. Förutom kvalitetssäkringen ger ett BIM-verktyg möjligheter till rationellare och produktivare arbetssätt jämfört med 2D-CAD-verktyg. Produktivitetsökningen beror i huvudsak på att informationen skapas en gång som sedan kan användas för en mängd olika typer av underlag. Revideringar görs i modellen och ändringarna slår sedan igenom på allt underlag som genereras från modellen; på plan- och sektionsritningar, men även på uppställningsritningar, materiallistor, m.m.

”Att ta fram alla beskrivningar till dörrarna tar en tredje till en fjärde del av tiden med hjälp av vår BIM. Det blir dessutom bättre kvalitet”

Arkitekt

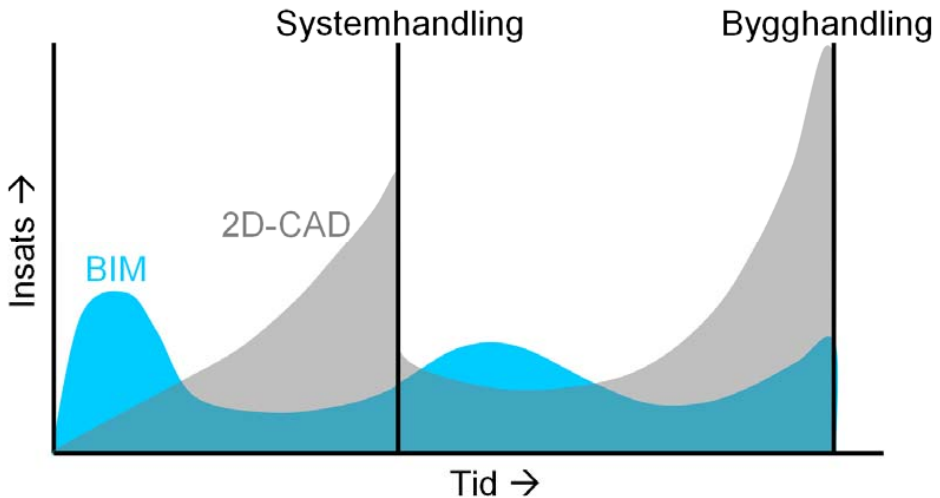
Nedanstående tabell visar skillnaden i tid för att ta fram underlag från en BIM jämfört med en 2D-CAD praxis. Tabellen visar även skillnaden i kvalitet på underlaget. Tabellen är baserat på uttalanden från arkitekter och teknikkonsulter. Värdena är uppskattningar och bedömningar. Inga av de intervjuade arkitekterna eller teknikkonsulterna kunde visa på egna mätvärden vad gäller produktivitet eller kvalitet.

	Skillnad i tid		Kvalitet
2D-ritningar			
System- och Bygglovshandling			
- A	0 – 20%	Oförändrad / Minskning	Högre
- K	0 – 10%	Oförändrad / Minskning	Högre
Bygghandling			
- A	30 – 50%	Minskning	Mycket högre
- K – plan / sektion	10 – 20%	Minskning	Mycket högre
- K – tillverkning	30 – 40%	Minskning	Mycket högre
- VVS	20 – 30%	Minskning	Mycket högre
- EL	0 – 20%	Oförändrad / Minskning	Högre
Beskrivningar, rapporter och materialmängder			
- A	50 – 70%	Minskning	Mycket högre
- K	50 – 70%	Minskning	Mycket högre
- VVS	50 – 70%	Minskning	Mycket högre
- EL	30 – 40%	Minskning	Högre

Tabell 1: Jämförelse mellan BIM och 2D CAD i tid och i kvalitet att producera underlag.

Enligt de intervjuade arkitekterna och teknikkonsulterna är den totala tiden för att ta fram underlag i tidiga skeden (System- och Bygglovshandlingar) oförändrad eller något mindre (0-20%). Arbetet som fordras med uppbyggnad av en BIM, dvs förse modellen med rätt data och definitioner, som behövs för att möjliggöra användning av modellen i senare skede tar tid. Tidsvinsten för framtagande av bygghandlingar och rapporter med BIM är dock betydligt högre i projekteringens senare del. När modellen väl har konfigurerats i det tidiga skedet tjänar aktörerna igen tiden vid framtagning av bygghandlingar, rapporter, m.m.

Följande figuren visar schematiskt den totala arbetsbelastningen vid projektering med BIM-verktyg jämfört med 2D-CAD-verktyg.



Figur 1: Skillnaden i arbetsbelastning för projektering med BIM-verktyg jämfört med 2D-CAD-verktyg.

Figur 1 visar i början på en större arbetsinsats för projektering med BIM-verktyg, som användaren sedan känner in under den fortsatta projekteringen. Den totale arbetsbelastning av projektering med BIM-verktyg är mindre än med 2D-CAD-verktyg.

En projektering med BIM-verktyg resulterar inte med automatik i en kortare projekteringstid. Det ska noteras att själva arbetet med CAD-verktyg (2D och BIM) är en del av arkitektens och teknik konsulternas totala arbetstid. Studier visar att i snitt 25-40% av tiden under en arbetsdag är CAD-arbete (Josephson 2005). Enligt användaren är verktygen mer komplex än 2D-verktyg och det fordras mer tid för utbildning och underhåll. Framförallt den initiala arbetsinsatsen som fordras vid byte av verktyg och arbetssätt upplevs av många som krävande.

”Det som förut tog 1 ritare och 1 konstruktör görs nu av 1 person”
 ”Utän vår BIM-kompetens hade vi inte fått dessa jobb,
 som svarar för 30% av vår omsättning”

VVS-konsult

Intervjuade arkitekter och teknik konsulter hävdar också att de lägger mer tid på andra användningsområden av modellen än ritningar. Modellen används i allt

större utsträckning som bas för arbete med olika typer av analyser, samgranskning, visualisering, kalkyl, inköp och produktionsplanering. Arkitekter och teknik konsulter upplever att de måste jobba mer integrerat och mer intensivt med andra discipliner i ett projekt för att kunna utnyttja potentialen i BIM-teknologin.

Dessutom upplever arkitekter och teknik konsulter arbetsprocessen med BIM-verktyg som mycket mer motiverande och inspirerande jämfört med 2D-CAD-verktyg. De är övertygande om tekniken gör företaget intressantare för kunder, men även för att kunna attrahera nya medarbetare.

”Jag är säkrare på vad jag levererar och jag sover bättre; verkligen, mycket bättre”

VVS-konsult

2.2 Presentation och beslutsprocesser

Byggprocessen består av ett stort antal beslutsprocesser med många aktörer. Beslutsprocesserna överlappar varandra eller pågår delvis samtidigt. Exempel på beslutsprocesser är:

- Marknadsprocessen
- Planprocessen
- Projekteringsledning
- Produktionsledning

Nyttan av BIM för presentation:

- Med hjälp av 3D-visualisering sparas tid och ökar försäljningen i framförallt de tidiga skedena av projekt.
- Färre missförstånd och en tydligare kommunikation.
- BIM-projektering resulterar direkt i 3D-visualisering.
- Snabbare och kostnads-effektivare 3D-visualisering.
- 30% lägre kostnad för interaktiva visualiseringar.
- Revideringsprocesserna är kortare och av högre kvalitet.

En viktig uppgift är att säkerställa att en gemensam bild av projektet finns hos alla berörde parter. I dagsläget använder man i många fall 2D-ritningar och beskrivningar i text som hjälpmedel vid kommunikation under beslutsprocesserna. Aktörerna måste själv ofta tolka flera 2D-ritningar inklusive beskrivningar av alternativ för att kunna skapa sig en helhetsbild av projektet. Det finns ett antal nackdelar med detta arbetssätt:

- Det är inte säkert att varje aktör tolkar ritningar på samma sätt. Det kan leda till missförstånd i kommunikationen.
- Ritningar innehåller linjer och symboler som ett begränsat antal aktörer förstår. Det resulterar i att vissa berörda aktörer inte fullt ut kan delta i beslutprocessen.
- Det tar tid att tolka och förstå ritningar, vilket leder till att vissa beslutsfattare inte hinner eller kan delta i beslutsprocesserna i den mån som de vill eller bör göra.
- Informationen om projektet är ofta spridd över ett stort antal ritningar och beskrivningar, vilket gör det svårt att dela och distribuera den. Det resulterar i många fall att endast en del av informationen kan hanteras och granskas.

3D-bilder och animeringar har blivit allt vanligare på senare år och numera finns det avancerade interaktiva miljöer där aktören kan ta virtuella promenader. Dessa visualiseringar, som har visat sig vara av stor nytta i framförallt projektets tidiga skede, tas oftast fram vid sidan av själva projekteringsprocessen. Visualiseringarna ger ofta bara en ögonblicksbild av projekteringsprocessen. Det finns ett antal nackdelar med detta arbetssätt:

- Visualiseringar kommer ofta ett steg efter i projekteringsprocessen och är därför oftast inte aktuella. Det tar tid att samla in all underlag för att sedan ta fram visualiseringar.
- Visualiseringar är ofta ej kompletta eftersom de bygger på en del av den totala informationsmängden. Det skulle ta för mycket tid och resurser att visualisera all information från alla aktörer. Informationen filtreras, struktureras och representeras dessutom utifrån ett visualiseringsperspektiv, med fokus på den synliga informationen.
- Visualiseringar tas ofta fram av andra aktörer än dem som deltar i projekteringen. Det gör att visualiseringar är tolkningar som inte alltid speglar aktuell information på ett exakt sätt.
- Visualiseringar görs ofta bara en gång i projekten. Det skapas med andra ord visualiseringar som sedan inte uppdateras, eftersom det anses vara kostsamt och ta för lång tid.

BIM-projektering resulterar direkt i 3D-visualisering. BIM-verktyg har i många fall själv inbyggda möjligheter till förfining och presentation av 3D-visualiseringen, till exempel med hjälp av texturer, ljussättning, vypunkter, m.m. Det gör att projekteringsinformationen har en direkt koppling till visualiseringsverktyg och är därmed mycket mer integrerad jämfört med 2D-CAD projektering. Visualiseringen är i detta fall en biprodukt man får genom att arbeta med BIM som är direkt tillgängligt för användaren och därmed mycket kostnadseffektiv att ta fram.

”Kostnader för interaktiv visualisering minskar med 30% när 3D-projektering används som bas till visualiseringen”

Projektutvecklare

Det är dessutom relativt enkelt att överföra 3D-modellen från BIM till specialiserade visualiseringsprogram för framtagning av mer fotorealistiska visualiseringar. Överföringen av 3D-modellen från ett BIM-verktyg till visualiseringsprogram sparar tid, eftersom användaren inte behöver bygga upp alla geometrier själv, vilket gör visualiseringen billigare och snabbare tillgänglig. Detta arbetssätt är dock inte optimalt när en eller flera BIM revideras. Det finns i dagsläget till exempel litet stöd för versionshantering i visualiseringsverktyg, som gör att visst visualiseringsarbete måste göras om när 3D-modellen förändras. Visualiseringsverktyg och -arbetsmetoden är dessutom inte inriktade för hantering av objekt-orienterad information.

”3D är numera en hygienfaktor vid försäljning och uthyrning, och förväntas även av kommunen”

Beställare

För de flesta intervjuade beslutsfattarna (ägare, politiker, hyresgäster, m.m.) och projektledarna är 3D-visualisering numera en förutsättning och en självklarhet i deras arbete. Man är övertygad att man sparar tid i framförallt de tidiga skeden av projekt genom att snabbt och tydligt kunna kommunicera avsikten med projektet. På grund av färre missförstånd och en tydligare kommunikationen upplever beslutsfattare och projektledare beslutsprocesserna som enklare och snabbare.

Det är inte bara beslutsfattare och projektledare som ser fördelen med 3D-visualisering. Intervjuade arkitekter och teknikkonsulter upplever att de ha en bättre möjlighet att presentera deras tänkta lösningar, som resultat av en direkt koppling mellan deras projekteringsarbete och visualiseringen. Reviderings-

processerna är dessutom snabbare och av högre kvalitet som resultat av en tydligare bild hos alla berörda aktörer.

”Det har gått snabbare för oss att få in hyresgäster eftersom man ser bättre hur resultatet blir”

Beställare

Ett antal intervjuade arkitekter ser 3D-visualiseringen med hjälp av BIM-projektering som en affärsmöjlighet genom att de kan erbjuda en visualisering som speglar den pågående projekteringen; i tid och med hög kvalitet.

Enligt intervjuade beställaren av 3D-visualisering, framtagen med hjälp av BIM-projektering, är visualiseringsprocessen snabbare, billigare och av högre kvalitet. Processen är rationellare nu när man inte behöva beställa och tillhandahålla två parallella processen. Under ett flertal intervjuer kom ett antal intressanta kommentarer fram:

Enligt en beställare är visualiseringen nu mycket mer realistisk. Beställaren blev till och med negativt överraskad när han insåg hur projektet verkligen skulle komma att se ut efter att han fick se visualiseringen från BIM-projekteringen jämfört med tidigare 3D-bilder från visualiseringskonsulter. Denna erfarenhet upplevde beställaren dock som positiv och kommenterade:

”Det hade varit mycket värre att vara besviken i ett färdigställt hus, nu finns det möjlighet att påverka.”

Beställare

En annan beställare kommenterade syftet med 3D-projekteringen och 3D-visualiseringen:

”3D-visualisering har varit till stor nytta i detta projekt och vi har kunnat få in hyresgäster i huset i tidiga skeden. Samtidigt känns det lite överkurs att 3D-projektera ett garage som ligger under huset. Vem har nytta av det?”

Beställare

Denna kommentar visar på ett inte ovanligt missförstånd där slutkunden inte har blivit tillräckligt informerad om nyttan med BIM-projektering. Slutkunden var inte medveten om nyttan med en BIM-projektering för andra aktörer utöver 3D-visualiseringen av den synliga delen; för de projekterande aktörer själv och

för samordningen i projektet. Under intervjuer med övriga aktörer i projektet visade det sig att 3D-samordningen var till stor nytta i projektet; framförallt under projekteringen av garaget.

2.3 Samordning

Projektering sker per teknikdisciplin där varje projekterande aktör visar de delarna på ritningar som de har ansvar för. Utmaningen är att få lösningarna från de teknikdisciplinerna att fungera som en integrerad lösning. Exempel på integration av lösningen är:

- Stommen ska säkerställa den strukturella integriteten av ett hus, men ska även passa arkitektens utformning av huset
- Ventilationssystemet ska förse huset med luft av bra kvalitet, men ska monteras i samband med bland annat EL- och sprinklersystem.

Nyttan av BIM för samordning:

- Kvaliteten av samgranskningen blir bättre med omkring 50% färre fel mellan olika discipliner.
- Framsteg och fel i projekteringen syns tydligt och direkt.
- Fler aktörer kan delta i samordningsprocessen som resultat av tydligare underlag.
- 3D-samordningsprocessen är snabbare än samordning i 2D.
- Processen är mer integrerad jämfört med användning av 2D.
- Revideringstiderna är kortare och alla aktörer förstår uppgifterna.
- Samgranskingsprocessen upplevs vara mycket trevligare och roligare.

Listan av olika system som ska integreras är mycket längre än dessa två exempel och det är ett kontinuerligt gränsdragande arbete under projekteringen att få alla system att stämma överens med varandra. Samordningsprocessen påverkas dessutom av bland annat inköpsprocessen och hyresgästanpassningar, som ofta tvingar fram lösningar som inte ligger i fas med den pågående projekteringen. Vissa val måste man göra tidigare än vad man vill och visa val kommer för sent. Ändå måste allt fungera som ett integrerat system. Det ställer krav på bland annat de projekterande aktörerna och projekteringsledaren att kunna koordinera och integrera en stor informationsmängd.

I dagsläget hanteras informationen med hjälp av 2D-ritningar och beskrivningar. Ritningarna är disciplinspecifika och visar projektet i plan, sektion och detalj. Resultatet av denna praxis är att flera ritningar behövs för att få fram en någorlunda komplett vy. Det är inte ovanligt att omkring sex olika ritningar behövs för att kunna granska en lösning, där aktören måste skapa sig

en bild i huvud av hur de olika system kommer att fungera ihop. Nackdelar med detta arbetssätt liknar nackdelarna enligt ovan med 2D-presentation för beslutsprocesser. Resultatet är att kvaliteten på samordningen blir låg och att många frågor måste lösas under produktionen, som bör ha blivit lösta under projekteringen.

BIM-projektering resulterar i underlag i form av 3D-modeller för samordning i 3D. Det finns numera samordningsverktyg på marknaden som gör det möjligt att sammanställa flera disciplinspecifika BIM-verktyg i en miljö som bygger på teknologi och navigering från dataspelbranschen. BIM-projekteringen blir därmed relativt lätt tillgänglig för icke-CAD-användare och inte begränsad till de projekterande aktörerna. Projekteringsledare har möjlighet att granska projekteringen med hjälp av sammanställda 3D-samgranskningsmodeller. Konflikter mellan olika system kan på detta sätt mycket lättare upptäckas och åtgärdas jämfört med samordning i 2D-projektering. Det finns dessutom möjligheter att granska samordningsmodeller med automatik, varav automatiserad kollisionskontroll är det mest vanliga och omtalande gransknings sättet.

”Minst 50% färre fel mellan olika discipliner”

VVS-konsult

3D-samgranskning användes i olika utsträckningar i nästa alla av de fem projekten. De intervjuade användare är övertygade att kvaliteten av samgranskningen har blivit bättre och tycker att själva samgranskingsprocessen är mycket trevligare och roligare. En projekteringsledare kommenterade bland annat att ”framsteg och fel i projekteringen syns nu tydligt och det blir färre missförstånd där olika parter skylla på varandra. Revideringstiden är dessutom kortare, eftersom alla förstår uppgifterna.”

”Mycket lättare att samordna och med bättre resultat.
Alla ser samma sak på en gång”

Projekteringsledare

Ett antal projekterings- och installationsledare kommenterade att de nu har fått ett bra hjälpmedel för kommunikation med dem som jobbar med kalkyl, planering och produktion, och för övriga aktörer som använder underlag från projekteringen. Enligt projekteringsledare är det enklare för de att få med synpunkter från dessa aktörer när en samgranskningsmodell används i

kommunikationen, jämfört med 2D-ritningar. Projekteringsledaren upplever att processen blivit mer integrerad.

2.4 Kalkyl och analyser

Under projekteringsprocessen genomförs olika typer av kalkyler och analyser med syfte att hålla projektet inom budget, tidsplanen och att leverera slutprodukten enligt de kundkrav som finns.

Kostnadskalkyler, energi- och klimatanalyser, m.m., bygger på information om mängder av bland annat byggdelar, material, ytor och volymer. I dagsläget räknar man fram informationen för hand med hjälp av 2D-ritningar, som ofta innebär att man mäter avstånd, ytor och volymer på pappersritningar. Det finns ett antal nackdelar med detta arbetssätt:

Nyttan av BIM för kalkyl / analys:

- Kvalitet av mängdavtagningsprocessen är högre vilket resulterar exempelvis i exaktare inköpsunderlag.
- Tiden för mängdavtagningen minskar med omkring 50%.
- Arbetsmetoden upplevs som roligare och mer inspirerande än arbetet med 2D-ritningar.
- Fler analyser genomförs med BIM jämfört med projektering i 2D, eftersom analyser är effektivare och snabbare att genomföra.
- Fler och exaktare analyser bidrar till kvaliteten på slutprodukten.

- Det är inte ovanligt att man räknar fel under mängdavtagningsprocessen. Man räknar till exempel information dubbelt eller man missar information. När informationsmängderna är stora gör man dessutom vissa förenklingar för att kunna hantera informationen. Resultatet är att mängderna oftast inte är exakta.
- Det tar tid att ta fram kostnadskalkyler och analyser. Det gör att dessa oftast inte är aktuella när projekteringsprocessen fortskrider.
- Det är kostsamt att genomföra kalkyler och analyser. Tillsammans med det faktum att det tar tid att genomföra, försöker man minimera antalet kalkyler och analyser. Man utgår dessutom i stor utsträckning från nyckeltal för till exempel kostnader eller energianvändning istället för att beräkna utfallet baserade på den aktuella projekteringsinformationen.

- Det anses vara tråkigt att jobba på detta sätt. Ett antal intervjuade aktörer påstår att det är svårt att rekrytera ny personal när man arbetar på detta sätt. Det ger företaget en icke-modern image.

BIM-projektering ger möjlighet att generera mängder från modellen och att använda modellen för olika typer av kalkyler och analyser. Det gör att kvalitet av mängdavgivningsprocessen är högre och att tiden för mängdavgivningen minskar. Samma princip gäller för modellbaserade kostnadskalkyler och -analyser; tiden minskar och kvaliteten är högre. Användaren upplever dessutom den nya tekniken och arbetsmetoden som roligare och mer inspirerande än arbetet med 2D-ritningar. Resultatet blir också mindre personberoende när kalkyler och analyser baseras mer på underlaget och mindre på erfarenhet.

Bland de fem byggprojekt som studien har fokuserat på finns en varierande tillämpning av modellbaserade mängder, kalkyler och analyser.

- Tre av fem projekt har använt mängder i byggprocesserna som är generade från BIM-verktyg. Det gäller i första hand listor med mängder av installationer och i andra hand fönster, dörrar och stomsystem.
- Inga av de fem projekten har använt sig av modellbaserade kostnadskalkyler, där objekt i BIM förses med receptdata från kalkylsystem för att på så sätt integrera BIM med kostnadskalkylen.
- Modellbaserade analyser har blivit tillämpade av ett flertal teknik konsulter, men i varierande utsträckning beroende på expertisen och på tillgängligheten av data i BIM.

Ett antal intervjuade teknik konsulter menar att de nu genomför fler analyser än vad de har gjort vid projektering i 2D, eftersom analyser är enklare och snabbare att genomföra. En av teknik konsulterna menar dessutom att "(våra) energi- och klimatanalyser bygger i allt större utsträckning på exakt underlag från en BIM och allt mindre på generella nyckeltal och antaganden. Vi är övertygade om att det bidrar till kvaliteten av slutprodukten." Inga av de teknik konsulterna ville dock uttala sig om hur mycket bättre slutprodukten hade blivit, jämfört med en traditionell projektering i 2D.

"Vissa analyser som inte gjordes förut, på grund av tid, gör man nu."

VVS-konsult

Materialmängder inklusive 3D-underlag från en BIM har visat sig av nytta vid inköp av stomsystem och installationer. En entreprenör nämnde att man numera behöver en BIM för internationell upphandling av prefabricerade stomsystem. En annan entreprenör gav ett exempel av nyttan med användning av en samgranskningsmodell och materialmängder. Vid upphandling av en Underentreprenör (UE) och material för ett sprinklersystem sänktes priset med 20% när underlaget levererades till en UE i form av en 3D-samgranskningsmodell inklusive exakta materialmängder med hög noggrannhet. Installationsledaren hos entreprenören förklarar prissänkningen med en minskning av påslaget från UE:n för osäkerhet om förväntade fel vid montage under produktionen och missar i mängdberäkningar.

Mängdavgtagning, kalkyler och analyser med hjälp av BIM ställer krav på vilken information som finns med i BIM och hur exakt informationen är definierat. Ett antal intervjuade teknik konsulter beklagade sig bland annat över problem med överföring av data från arkitektens BIM-verktyg till deras BIM-verktyg. Samma problem uppstod hos en entreprenör som försökte importera information från ett BIM-verktyg till ett annat BIM-verktyg för mängdavgtagning. Man räknade med att omkring 50% av informationen följde med. Av informationen som följde med var det svårt att se om den stämde.

Teknik konsulter, men även kalkylatorer, bygger i dagsläget egna BIM med hjälp av 2D-ritningar och BIM från bland annat arkitekten för att kunna genomföra modellbaserade analyser och kalkyler. Arbetsmetoden är inte optimal eftersom modellen inte har en direkt koppling till projekteringsprocessen.

”Att jämföra U-värden av fönstertyper och effekten på livscykelkostnader hade tagit en vecka att genomföra. Med hjälp av en komplett BIM går det på 2-3 timmar”

VVS-konsult

Arkitekter, teknik konsulter och kalkylatorer ser organisationen som en större utmaning än de tekniska hindren. Man undrar hur man skulle kunna säkerställa att en BIM förses med tillräckligt mycket och väldefinierad information av en annan aktör som sedan ska kunna användas för olika typer av analyser utfört av någon annan.

2.5 Planering och produktion

Med hjälp av underlag från projekteringen planeras och utförs byggproduktionen som resulterar i överlämnade av projektet till beställaren. Produktionsprocessen utförs av många olika parter som jobbar tillsammans eller är inhyrd av en annan part. Utmaningen är att styra alla dessa aktörer mot samma mål; överlämnade av projektet till beställaren med rätt kvalitet och inom budget och tid. Det finns dessutom ett antal andra aspekter som ska tas hänsyn till som till exempel arbetsmiljön.

Nyttan av BIM för produktion:

- Underlaget från projekteringen anses vara av mycket högre kvalitet än i vanliga fall och mycket tydligare.
- Tiden på arbetsplatsen som läggs på hantering av konflikter på grund av fel i underlaget och missförstånd minskar med upp till 90%.
- Kommunikationen är enklare och snabbare med de olika aktörerna på arbetsplatsen.
- ÄTA-relaterade kostnader för installationsentreprenaden halveras.

Det traditionella sättet att planera och styra byggproduktionen är med hjälp av 2D-pappersritningar, skisser, olika typer av gantt-scheman, prognoser, m.m. Precis som i samordnings- och beslutsprocessen måste underlag från olika discipliner integreras och koordineras. Projekteringsprocessen är ofta inte avslutad och pågår i många fall delvis parallellt med planerings- och produktionsprocessen, som gör projekterings- och produktionsprocesserna ännu mer komplicerade.

På grund av brister i samordningen och feltolkningar av underlaget måste problem ofta lösas på arbetsplatsen. Det resulterar i produktionsstopp, merkostnader för lösningar på plats, fel i utförandet, kompromisser vad gäller kvalitet, m.m. Frågor uppstår om vems fel det var och varför det har hänt. Förutom negativ påverkan på kvalitet, tid och kostnader blir arbetsklimatet negativt påverkat.

Enligt ett flertal intervjuade kalkylator och projektledare är det inte ovanligt att 5-7% av produktionskostnader tillkommer i bostadsprojekt och 8-10% i kontorsprojekt i form av ändrings- och tilläggssarbete (ÄTA). Man bedömer att minst hälften av dessa kostnader kan härledas till brister i samordningen och feltolkningar av underlaget.

Förutom utmaningen att samordna och kommunicera underlaget måste resurser planeras och koordineras i form av materialleveranser, maskiner, utrustning och olika arbetslag inklusive UEs. Det fordras en kontinuerlig beräkning av materialmängder och koordinering av resurser för att styra produktionen så effektivt och säkert som möjligt. Idag används 2D-ritningar från olika teknikområden i samband med planerings- och kalkylverktyg för tids- och kostnadsstyrning.

”3 till 5 procent av entreprenadsumman för installationer sparas med hjälp av 3D-projektering”

Entreprenör

Underlag från BIM-projektering kan användas i lång utsträckning för planering och produktionsstyrning i form av 3D-, 4D- och 5D-modeller.

- 4D-modeller integrerar 3D-modeller med tidplaneringen som gör det möjligt att spela upp planeringen av projektet.
- 5D-modellen integrerar 3D-modeller med kostnadskalkyler och tidplaneringen vilket ger användaren möjlighet att visualisera tidplanen och kostnader över tiden.

Bland de fem byggprojekten där studien har fokuserat på finns en varierande tillämpning av 3D-, 4D- och 5D-modeller under byggproduktionen:

- Av de fem projekten har tre projekt påbörjat produktionen. I alla de tre projekten används modellerna för 3D-samordning och mängdberäkningar.
- Ett projekt använder 4D-modellering.
- Inga projekt använder eller kommer att använda 5D-modellering.

Två av de tre intervjuade platscheferna ser stor nytta med 3D- och 4D-tillämpningar för produktionen. 3D-samgranskningsmodellen visas kontinuerligt på en skärm i ett mötesrum på arbetsplatsen. Så fort en fråga dyker upp används modellen som hjälpmedel. Underlaget från projekteringen anses vara av mycket högre kvalitet än i vanliga fall. Kommunikationen är enklare och snabbare med de olika aktörerna på arbetsplatsen jämfört med användning av 2D-ritningar. Den tredje platschefen kan också se nytta med tillämpning av modellen på arbetsplatsen, men på grund av bristande hårdvara

och olämpliga programvaror har modellen inte kunnat användas i projektet under produktionen.

”80% av frågorna från byggarbetsplatsen till oss försvinner nu när de får 3D-underlag”

VVS-konsult

Entreprenadschefen i ett av projekten bedömer att besparingen på ÄTA-relaterade kostnader för installationsentreprenaden är ungefär hälften; en minskning med 3-5%, jämfört med de vanliga 8-12%. Installationsledaren tillägger att man i hela projektet haft endast ett fåtal så kallade krockar mellan stomme och installationer.

4D-modellen anses av platschefen vara en viktig hjälpmedel som har bidraget till att produktionsplaneringen kunde följas under produktionstiden. Platschefen skapade 4D-modellen själv med hjälp av 3D-underlag och den egna planeringen och kunde på så sätt bygga projektet själv en gång virtuellt innan produktionen påbörjades i skarpt läge.

”Tiden på arbetsplatsen som läggs på hantering av konflikter på grund av fel i underlaget och missförstånd minskar med faktorn 10”

Entreprenör

2.6 Areahantering

När produktionen är färdigställd överlämnas huset till beställaren. Huset tas i bruk och förvaltningsprocessen börjar. Under livstiden anpassas huset oftast flera gånger enligt önskemål och krav från nya hyresgäster eller ägare. Informationshantering under förvaltningen, drift och underhåll berör primärt husets areor. Rationell hantering av alla av husets areor är av stor betydelse för förvaltarna under livscykeln. Exempel på areahantering är:

Nyttan av BIM för areahantering:

- Enklare att söka och få fram rätt information. Det resulterar bland annat i att nya sökningar görs, som annars hade tagit för mycket tid.
- Presentationen av information är tydligare vilket leder till färre missförstånd.
- Sambandet mellan olika typer av information och integrationen av informationen är bättre.
- Högre kvalitet och bättre tillgång till information leder till högre kvalitet i arbetsprocesserna.

- Optimera storleken, placeringen och användningen av ytor
- Fördelning av arbetsplatser och flyttantering
- Hantering av hyresgäst Anpassningar
- Avtalshantering och internkostnadsfördelning
- Planering och genomförande av drift och underhåll

Vid drift, underhåll och hyresgäst Anpassningar är tillgång till information om husets olika system, ingående delar, samverkan mellan delar och materialegenskaper viktig för att effektivt kunna sköta driften av huset och för att kunna genomföra underhåll och hyresgäst Anpassningar.

I dagsläget är informationshanteringen vid areahantering, drift och underhåll i många fall baserad på hantering av 2D-ritningar. Vid överlämnandet av huset omvandlas ritningsunderlaget ofta till raster-baserade ritningsfiler, som kopplas till förvaltarens affärssystem. Många förvaltningssystem är inte objektorienterade och representerar informationen med hjälp av raster- och plottfiler. Strukturen och innehåll av dessa teknikområdesspecifika filer är liten och de olika filerna måste samordnas av användaren för att skapa en komplett bild av huset.

Underlaget uppdateras oftast inte vid mindre ombyggnationer, som gör att informationen i förvaltningssystemet gradvis försämras. Vid nästa större hyresgäst Anpassning eller ägarbyte är man därför tvungen att samla in en stor del av informationen på nytt.

Enligt två intervjuade förvaltare är anledningen att informationen inte uppdateras och förvaltas på ett rationellt och kvalitetssäkert sätt avsaknaden av struktur på informationen, relationer mellan olika typer av information och en tydligt presentation av informationen. Det gör att en sökning efter specifik information om husets ingående delar och ytor är svår att genomföra och att presentationen och kvaliteten av informationen är bristfällig. En förvaltare kommenterade att ”om man inte enkelt kan få fram information och om den dessutom är svår att förstå och delvis inte stämmer med verkligheten kommer man antagligen inte att lägga energi på att kvalitetssäkra informationen själv. Därmed kommer man i en ond cirkel.” Båda förvaltare är övertygande om att besparingen skulle kunna göras inom förvaltnings-, drift- och

underhållsprocessen, om tillgängligheten, kvaliteten och presentationen av informationen kunde förbättras.

”Man måste få en bra visualisering annars har man aldrig en chans att kvalitetssäkra och även administrera informationsmängden”

Förvaltare

En av de två intervjuade förvaltarna byter nu till ett objekt-orienterat förvaltningssystem. Systemet kan bland annat importera information på ett objekt-orienterat sätt från en BIM med hjälp av IFC-formatet, som gör det möjligt att överföra en del av informationen från projekterings- och byggprocessen till förvaltningsprocessen. Enligt förvaltaren finns det flera fördelar med objekt-orienterad informationshantering jämfört med hantering av information med 2D-ritningar:

- Användaren kan enklare söka och få fram rätt information. Det leder bland annat till att nya sökningar görs, som annars hade tagit för mycket tid. Dessa sökningar gör att processerna blir rationellare och effektivare.
- Presentation av information är tydligare vilket leder till färre missförstånd. Användaren kan dessutom själv definiera hur informationen representeras, i t.ex. 3D eller 2D, med eller utan texter, m.m., eftersom all information kommer från samma databas. Förut fick användaren i vissa fall anlita en arkitekt eller teknikkonsult för att få fram en viss presentation av informationen, men det behovet har minskat nu.
- Relationen mellan olika typer av information och integrationen av informationen är bättre. Fler användare har tillgång till samma information, istället för att användarna sitter med var sin del eller kopia av informationen. Högre kvalitet och bättre tillgång till informationen leder till högre kvalitet i arbetsprocesserna.

Utmaningen som förvaltaren ser är att få fram information under projekterings- och byggprocessen som direkt kan förse förvaltningssystemet med rätt information; rätt struktur, innehåll, format, status, m.m. Systemleverantören av det objekt-orienterade förvaltningssystemet kommenterade i en intervju att möjligheten till import finns, men att de ofta är tvungna att arbeta om information från projekterings- och byggprocessen eftersom den inte är tillräckligt exakt definierad. Enligt systemleverantören används BIM än så länge på ett grafiskt sätt och för lite som en informationsbärare och vi kan

därför inte använda BIM fullt ut som underlag för förvaltningsprocessen. Det har framförallt med kravställning och hantering av krav att göra. Hur säkerställer man att rätt information finns med i modellen?”

”Med hjälp av modellen gör vi helt nya sökningar, som ger oss en bättre bild av vår bestånd”

Förvaltare

I ett av projekten som studien har fokuserat på kom det fram ett exempel som belyser problematiken med informationsöverföring mellan projekterings- och förvaltningssystem. Kravet från beställaren var att leverera underlaget i form av ADT-objekt i DWG-filer. Arkitekter jobbade dock med ett annat system än ADT och var övertygad att man skulle kunna hantera kravet på ett eller annat sätt med hjälp av konvertering av filerna. Det visade sig inte fungera och trots en väldefinierad och komplett BIM från arkitekten blev beställaren besviken, eftersom informationen inte gick att använda i affärssystemet. En stor del av informationen fick man definiera om och ta fram på nytt, vilket tog tid och påverkade kvaliteten, ekonomin och stämningen negativt.

3 RÄKNEEXEMPEL

Exemplen visar på nyttan med BIM-användning i byggprocessens olika delar. Inga av studieprojekten eller någon av de intervjuade aktörerna har dock kunnat visa upp en sammanställd värdering av nyttoeffekterna och kostnader av BIM-projekteringen.

I detta kapitel presenteras därför ett räkneexempel med syfte att, med hjälp aktörernas bedömningar, uttalande och exempel, värdera nyttoeffekterna och beräkna kostnader för nyttan. Räkneexemplet baseras på ett fiktivt och förenklat projekt där olika bedömningar och uttalande har summerats.

Vi utgår från ett bostadsprojekt, ett flerfamiljshus, med en byggkostnad, exklusive moms och förvärv av mark på 127 MSEK. Kostnader för projektutveckling (PU) är MSEK 12 och kostnader för totalentreprenaden (TE) 115 MSEK.

De följande tre tabellerna visar på en kort kostnads- och besparingsöversikt. Tabellerna visar ett antal exempel på besparingar, varav de flesta är direkta besparingar. Det finns dock fler tänkbara direkta, indirekta och svår-värderbara besparingar. Dessa tänkbara besparingar har inte tagits med, för att behålla tydligheten i räkneexemplet. Besparingsexemplen anses dessutom vara konservativt beräknade. Exemplet inkluderar besparingar för arkitekter, teknik konsulter och (under-) entreprenörer.

Projektutveckling	Kostnad	Besparing	Motivation
Projektering SH (total 10% av PU)			
- Arkitekt	660 000	132 000	20% av projekteringsinsats
- Konstruktör	200 000	30 000	15% av projekteringsinsats
- VVS-konsult	200 000	30 000	15% av projekteringsinsats
- EL-konsult	140 000	21 000	15% av projekteringsinsats
Försäljning: visualisering	250 000	75 000	30% lägre kostnad
Kalkyl & Mängdning	50 000	15 000	50% av tid för mängdning
Övriga byggherrekostnader	11 040 000		
Total PU	12 000 000	303 000	

Besparingar som resultat av BIM-tillämpningar under projektutvecklingsfasen är totalt SEK 303000, eller 2,53% av projektutvecklingskostnader. Besparingar som resultat av BIM-tillämpningar för totalentreprenaden är totalt 4715000 SEK, eller 5,43% av entreprenadskostnader.

Totalentreprenad	Kostnad	Besparing	Motivation
Projektering BH			
- Arkitekt (2% av TE)	2 300 000	690 000	30% av projekteringsinsats
- Konstruktör (1% av TE)	1 150 000	115 000	10% av projekteringsinsats
- VVS (10% av UE VVS)	1 000 000	200 000	20% av projekteringsinsats
- EL (10% av UE EL)	800 000	80 000	10% av projekteringsinsats
Kalkyl & Mängdning	100 000	30 000	50% av tid för mängdning
UE VVS	10 000 000	1 000 000	10% pga exaktare underlag
UE EL	8 000 000	800 000	10% pga exaktare underlag
UE målning & kompl.	2 500 000		
UE blandade	12 850 000		
UE mark	11 500 000		
Byggnadsmaterial: bas	9 000 000		
Varor: sammansatta	16 000 000	800 000	5% pga exaktare underlag
Arbetskostnader	10 000 000	1 000 000	10% produktivitetsökning
Tjänstemän & gemens.	6 000 000		
Etablering, m.m	10 000 000		
Admin + Vinst + Risk	13 800 000		
Anbud TE	115 000 000	4 715 000	

Produktionen resulterar i de allra flesta fall i extra kostnader i form av ändrings- och tillägsarbete (ÄTA), spill, m.m. Dessa kostnader minskar resultatet för entreprenören. Följande tabellen visar på vanliga nivåer av merkostnaderna och på besparingar som minskar dessa kostnaderna.

Totalentreprenad - Extra	Kostnad	Besparing	Motivation
ÄTA UE installation (7%)	1 260 000	720 000	Minskning ÄTA till 3%
ÄTA UE målning (10%)	250 000	125 000	Minskning ÄTA till 5%
Material bas: spill (5%)	450 000	180 000	Minskning spill till 3%
Extra arbete Entr. (5%)	500 000	500 000	Minskning till 0%
		1 525 000	Minskning av merkostnader

Den totala besparingen, inklusive minskning av merkostnader, är SEK 6240000, eller 5,15% av byggkostnaderna.

Man kan anta att följande kostnader finns för att få fram dessa besparingar. Kostnaderna är grova uppskattningar:

För vem?	Kostnad	Kostnadsmotivation
Arkitekt	75 000	25% av kostnader för inköp av BIM-system + upplärning
Arkitekt	60 000	5% av arbetstiden. Definition av modellen för visualisering
Arkitekt	120 000	10% av arbetstiden. Definition av modellen för kalkyler
Konstruktör	75 000	25% av kostnader för inköp av BIM-system + upplärning
Konstruktör	60 000	5% av arbetstiden. Definition av modellen för kalkyler
VVS-konsult	50 000	25% av kostnader för inköp av BIM-system + upplärning
VVS-konsult	50 000	5% av arbetstiden. Definition av modellen för kalkyler
EL-konsult	50 000	25% av kostnader för inköp av BIM-system + upplärning
EL-konsult	40 000	5% av arbetstiden. Definition av modellen för kalkyler
Entreprenör	50 000	25% av kostnader för inköp av BIM-system + upplärning
Entreprenör	60 000	Samgranskningsarbete och model-check
Entreprenör	100 000	Inköp av modell-baserad kalkylsystem + upplärning
Entreprenör	40 000	Produktionsanpassning av BIM
Entreprenör	40 000	Länkning av modellen med kalkyler
Entreprenör	30 000	Länkning av modellen med planering
Entreprenör	50 000	Inköp av dator och skärm till arbetsplatsen
Entreprenör	80 000	Anpassning av BIM och modellering för förvaltningssystem
	1 030 000	

I detta exempel antar vi att aktörerna där besparingar inträffar kan ta del av dessa besparingar. Det innebär bland annat att arkitekten och teknikkonsulterna tar del av besparingar för projektering av SH och BH, och att entreprenören tar del av de besparingarna under produktionen.

Aktör	Besparing	Kostnad för nyttan	Netto besparing	Kontraktssumma / netto besparing
Arkitekt	822 000	255 000	567 000	19,16%
Konstruktör	145 000	135 000	10 000	0,74%
VVS-konsult	230 000	100 000	130 000	10,83%
EL-konsult	101 000	90 000	11 000	1,17%
Entreprenör, UE	5 155 000	450 000	4 705 000	4,29%
Beställaren	Försäljning, kommunikation			ej värderad
Beställaren	Kalkyler och upphandling			ej värderad
Beställaren	Drift & Underhåll			ej värderad
Beställaren	F.M.			ej värderad

Tabellen visar en nettobesparing för arkitekten, VVS-konsulten och entreprenören, och ett oförändrat läge för konstruktören och EL-konsulten. Tabellen är dock delvis missvisande, eftersom besparingarna inte uppstår fullt ut i det första projektet och antagligen inte heller i projektet därpå. Besparingarna är resultat av en praxis som inarbetas, som fordrar utbildning, metodutveckling, upplärning, förankring, reflektion, m.m. Anledningen att resultatet för konstruktören och EL-konsulten inte är större är på grund av tillgängliga BIM-system för dessa aktören där det fortfarande fordras omfattande handpåläggning för att komplettera 2D-handlingar från modellen.

Besparingarna för entreprenören och UE är höga, jämfört med kostnaderna för dessa besparingar. Det beror på att entreprenören nyttjar BIM-projektering i själva byggprocessen. I byggprocessen ger den procentuella besparingen på värdet av resurser och material som hanteras en större besparingseffekt, jämfört med effekten på värdet av det som hanteras av arkitekter och teknikkonsulter under projekteringsprocessen. Om man tar hänsyn till kostnader för besparingarna är nettobesparingen 4,34% av byggkostnader.

Inga bedömningar är gjorda i räkneexemplet för nyttoeffekterna av BIM-tillämpningar för beställaren och hyresgäster för till exempel snabbare och lönsammare försäljning, förenkling av kommunikationsprocessen, effekter av analyser för optimering av energiförbrukning och klimatreglering, underlag för optimering av drift och underhåll, m.m.

Om man dock utgår från räkneexemplet där man tar hänsyn till livscykelkostnader kan man göra en bedömning av besparingspotentialen. Studier visar att projekterings- och byggprocessen tillsammans står för endast 5% av de totala livscykelkostnaderna (Romm 1994). Resten, 95%, är drift och underhåll, varav hälften är energiförbrukning.

Tillämpar vi dessa siffror på exempelprojektet motsvarar byggkostnader på 127 MSEK omkring 2 400 MSEK i livscykelkostnader. Om man med hjälp av BIM-tillämpningar sedan kan spara 1% av dessa kostnader som resultat av ett rationellare hus vad gäller energiförbrukning och underhåll, motsvarar det 24 MSEK, se tabell nedan. En besparing på 5% motsvarar 121 MSEK. Jämfört med besparingarna under byggprocessen är de potentiella besparingarna betydligt större när man tar ett livscykelperspektiv.

Tabell nedan visar på fler räkneexempel där byggkostnader sätts i relation till livscykelkostnader, och där besparingar beräknas utifrån 1 och 5% besparing.

Byggkostnad		Livscykelkostnader				Besparing					
%	Total	%	Total	Energi	Övrigt	%	Total	%	Energi	%	Övrigt
5	127	95	2413	1207	1207	1	24,13	1	12,07	1	12,07
5	127	95	2413	1207	1207	5	120,65	5	60,33	5	60,33
10	127	90	1143	572	572	1	11,43	1	5,72	1	5,72
10	127	90	1143	572	572	5	57,15	5	28,58	5	28,58
20	127	80	508	254	254	1	5,08	1	2,54	1	2,54
20	127	80	508	254	254	5	25,40	5	12,70	5	12,70

4 DISKUSSION OCH REKOMMENDATIONER

”Five years into the industrywide conversation about building information modeling (BIM), it has become clear that BIM is simultaneously bigger, smaller, and more diverse than many first imagined. It's bigger in that its process encompasses far more than do many of the current so-called BIM software programs. It's smaller in that early steps in BIM automation will – as with any technology adoption cycle – mimic earlier tools and methods. It's more diverse in that the BIM model is fragmenting into discipline-, phase-, and role-specific models that mirror the business facts of life in designing, constructing, and operating buildings”

Så skriver Jerry Laiserin i tidningen *Cadalyt* i november 2007 (Laiserin 2007). Det var Jerry Laiserin som initierade debatten om BIM för fem år sedan och i samma artikel reflekterar han om vad BIM har blivit efter diskussionerna började i 2002. En viktig punkt som han för fram i artikeln är att det som definierar BIM inte är programmet som används, men att det är en affärsprocess där M i BIM snarare står för modellering än för modell. Han påstår dessutom att framgångsrika bygg- och förvaltningsföretag redan tillämpar BIM, där information hanteras på ett objekt-orienterad sätt och där processutveckling syftar till att automatisera och rationalisera informationshanteringsprocesserna.

Tittar vi på andra branscher, såsom tillverkningsindustrin och telekom branschen, kan vi konstatera att det är objekt-orienterad informationshantering, som har bidragit till effektiviseringen och kontrollen över kostnader (Economist 2005). I dessa branscher har informationshantering med hjälp av s k PLM-system (Product Lifecycle Management) kommit så långt och har blivit så pass integrerad i själva affärsprocesserna att de system som används är lika

vanliga som till exempel PowerPoint presentationer eller Word dokument. PLM har blivit så enormt framgångsrikt att det nästan inte längre syns och begreppet håller på grund av det till och med att försvinna. Det har blivit för självklart.

Om man jämför hanteringen av information i dessa branscher med hanteringen av information i byggbranschen kan man konstatera att branschen har en resa framför sig där BIM så småningom kommer att ersättas ut av PLM.

Det som definierar BIM idag är i första hand de verktygen som används av ett antal aktörer i vissa skeden i byggprocesserna. Studien kan inte visa exempel av en byggprocess där BIM används fullt ut på det sättet att information hanteras av alla aktörer och mellan alla aktörer på ett objekt-orienterat sätt. Denna studie visar på en praxis där BIM är något som aktörer använder i olika utsträckningar för att, i första hand, förbättra och förenkla de egna processerna. Det kan man kalla för intern BIM.

Om man jämför dagens, relativt begränsade, tillämpningar av BIM med 2D CAD så kan man påvisa att det redan nu finns en rad fördelar. Exempelen från studien visar på nyttoeffekter i form av högre kvalitet, högre produktivitet och sänkning av kostnader. Studien visar även att aktörerna upplever arbete med en BIM som trevligare, intressantare och mer stimulerande jämfört med 2D CAD. Arbete med BIM anses dessutom vara imageskapande och ett sätt att profilera sig mot kunder och mot potentiella nya medarbetare.

Allt detta låter bra och bättre lär det bli om man ser på dagens tillämpningar och intresset för BIM som finns i branschen. Varför då denna studie kan man undra när utvecklingen ändå går åt rätt håll? Även om intresset finns hos aktören i branschen, kan man också konstatera att det fortfarande finns stor osäkerhet och en del missförstånd vad gäller BIM. Diskussionerna är oftast fokuserade på brister i kompatibilitet av programvaror som ett stort hinder för införandet av BIM. Många diskussioner förs också om eventuell merarbete och merkostnader som BIM medför. Artikeln ”brist på samordning hotar BIM” i tidningen Byggindustrin (Köhler 2008) är bara ett exempel där utgångspunkten har varit de tekniska hindren. Denna studie har däremot varit inriktad på att identifiera nyttoeffekter för olika aktörer i byggprocessen. Med hjälp av ett räkneexempel har studien även försökt visa på relationen mellan nyttoeffekter och kostnader för att uppnå dessa nyttoeffekter.

Räkneexemplet, som i stor utsträckning är baserat på uttalanden från aktörer och exempel från olika projekt, visar att lågt räknad är nettobesparingen för ett

fiktivt projekt ca 4% av byggkostnaderna. Besparingen för arkitekter och teknikkonsulter hamnar mellan 0 till 20% av konsultkostnader. Entreprenören sparar omkring 4% av entreprenadkostnaden. Studien har inte kunnat få fram underlag för att kunna göra en säker bedömning för besparingen för beställaren och förvaltaren och det rekommenderas flera studier som fokuserar på dessa aktörer.

Dessa siffror är inte speciellt höga om man jämför med hur bland annat programvaruleverantörer marknadsför sina BIM-produkter. Vi har dock velat ta fram en så realistisk bedömning som möjligt, men inser att denna är långt ifrån komplett och säker. Men är dessa siffror faktiskt låga? Räkneexemplet utgår från ett i stort sett oförändrat arbetssätt där många möjliga besparingar och nyttoeffekter inte har prissatts. Studien visar att relativt begränsade tillämpningar av BIM redan ger dessa typer av effekter och det gör att den potentiella nyttoeffekten av BIM med stor sannolikhet är högre eller mycket högre.

Huvudsyftet med studien har varit att ta fram goda exempel på tillämpningar av BIM samt att kvantifiera dessa exempel. Under studiens gång kom det också fram ett antal områden eller hinder fram som bör utvecklas:

- En stor hinder som identifierades är bristen på metod- och processutveckling. De aktörerna som blev intervjuade och som hade börjat använda nya verktyg och därmed börjat introducera nya processer kunde inte kvantitativt bedöma förändringar i effektivitet, kvalitet eller ekonomi. Vi är övertygande att om man inte mäter införandet av processer på ett strukturerat sätt, kan man inte förbättra dessa processer. Här har byggbranschen något att lära från bland annat Scania eller Intel, som är bara två exempel av företag som använder ett stort antal mätvärden för processutveckling. Om BIM ska förankras och få genomslag är det processerna som ska stå i fokus. Vi ser denna studie som en början till processutveckling, men rekommenderar flera och djupare studier, med syfte att definiera och ta fram mätvärden för olika delprocesser.
- Det visade sig att aktörer har olika uppfattningar om vad BIM är. Vissa ser det som 3D-visualisering, andra som CAD-verktyg, och relativt få som en process där information hanteras på ett objekt-orienterat sätt. Detta leder till missförstånd och felaktiga förväntningar och krav, som i deras tur leder till besvikelse eller konflikter. Därför rekommenderas att aktörer skapar en gemensam definition i början av ett projekt om vad BIM är och vad målet är med BIM. Att definiera tillämpningar på samma sätt som dagens 2D-

projektering med hjälp av en enkel CAD-manual går inte. Tillämpning av BIM fordrar mer än en CAD-manual. Det börjar med definition av processen följt av definitioner av arbetsmetoder, tekniska lösningar och övriga hjälpmedel. En CAD-manual är del av denna process, men endast ett hjälpmedel. En CAD-manual får dessutom en bredare betydelse eftersom BIM-projektering integrerar projekteringen mycket starkare till bland annat energi- och klimatanalyser, kalkyl, inköp, m.m. CAD-manualen bör definiera olika gränssnitt mellan projekteringen, informationsleveranser mellan aktörer och dessas processer. I detta sammanhang är det snarare en Information Delivery Manual som bör upprättas istället för en CAD-manual. Det rekommenderas försök med upprättande och tillämpningar av IDM med krav på information för olika typer av processer, såsom energi- och klimatanalyser och mängdavgivning. Idag pågår ett aktivt arbete internationellt och i våra grannländer med framtagande av IDM för olika processer.

- Den traditionella rollen av en CAD-samordnare får med BIM också en ny betydelse. Det är inte CAD-frågor som ska hanteras, men snarare frågor om vilken information som ska hanteras och hur. Det rekommenderas en tydlig definition av rollen för en modellmanager eller Project Information Officer (PIO) (Froese 2004). En PIO ska bland annat kunna säkerställa kvaliteten av information i de olika modellerna med exempelvis så kallade modelcheckers.

Studien har visat ett antal goda exempel där olika typer av filformat kombineras i ett projekt. Flera aktörer har också beklagat sig över problem med format, men har i många fall även indikerat att det inte är det största hindret för att tillämpa BIM. De flesta BIM-verktyg kan numera läsa från och skriva till ett flertal olika format. IFC-stöd finns nu i de flesta CAD-verktyg och det rekommenderas ställa krav på och använda en kombination av CAD-verktygets originalformat och IFC-formatet för utväxling och arkivering av information.

Flera intervjuar visade att planering av BIM-tillämpningar i projekt verkar gå hand i hand med diskussioner om vem som ska betala för merkostnader. Det är synd att många aktörer endast kan se kostnader, men inte potentialen i besparingar. Den främsta orsaken till det är bristen på objektiva mätvärden som nämndes tidigare. En annan orsak är rädslan för fel eller förseningar i processen som uppträder på grund av införandet av nya arbetsmetoder och ny teknologi. Här föreslås samverkansmodeller som skapar förtroende bland aktörer och som fördelar risken, men även besparingarna av BIM-tillämpningar.

Studien har fokuserat på husprojekt och har kunnat visa på nyttan med BIM-tillämpningar. Vi är övertygande att det även finns nyttan för mark- och anläggningsprojekt och rekommenderar studier som lyfter fram goda exempel från dessa typer av projekt.

Referenser

- Economist. (2005). "Better by design." *The Economist, Technology Quarterly - Case History*.
- Froese, T.M. (2004) "Help wanted: project information officer." In A. Dikbas, Scherer, R. (eds) *ECPPM 2004 - eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, Istanbul, Turkey, 19-24.
- Josephson, P-E., Saukkoriipi, L. (2005). "Slöseri i byggprojekt - behov av förändrat synsätt" Sveriges Byggindustrier, FoU-Väst, Göteborg, Sweden.
- Köhler, N. (2008). "Brist på samordning hotar BIM." *Byggindustrin*, pp. 10-15.
- Laiserin, Jerry. (2007). "To BIMfinity and Beyond! Building information modeling for today and tomorrow." *Cadalyst, AEC Insight Column*.
- Romm, J.J. (1994). *Lean and Clean Management: how to boost profits and productivity by reducing pollution*, Kodansha Amer Inc., New York.

