



---

Säkerhet på  
bygget med  
BIM



**SBUF**  projekt 12505

---

2012-12-21 (rev 2013-02-08)



### Sammanfattning

Detta projekt har utrett behovet av att utveckla säkerhetsarbetet på byggarbetsplatsen samt att möta detta med möjligheterna som följer av BIM-projektering.

Projektet kan sammanfatta att det finns både ett statistiskt behov (olyckor på arbetsplats), god vilja och möjligheter i byggbranschen till att pröva nya vägar mot ett säkrare byggande.

I och med övergången mot BIM så följer också nya potentialer att hantera arbetsmiljöaspekter. Produktionspersonal kan och bör engageras i tidigt byggskede med beslutsfattandet att formulera rätt krav till projekteringen och sedan se till att dessa förverkligas innan etablering. Riskfyllda situationer kan lokaliseras, utvärderas och hanteras genom byggprocessen. Man kan testa och planera arbetsmoment för att sedan kommunicera vidare resultatet till berörda parter.

För att få ut det mesta av BIM så betyder dock arbetssättet mer än programvaror och filformat för lagring och utbyte av data. Funktioner som simuleringar, animationer och 4D är idag möjliga och skulle kunna användas för att effektivisera arbetsmiljöarbetet – vilket visas i en fiktiv situation med tungt lyft – men används fortfarande i liten skala. Det samma gäller möjligheterna med att inkludera arbetsmiljörelaterade aspekter till det traditionella projekteringsunderlaget: Genom att t ex modellera upp temporära konstruktioner och miljöer, uttryckt i objekt med därtill kopplade egenskaper, skulle man kunna beskriva hela byggprojektet till att användas för att t ex säkra framtida arbetsmoment. BIM med dess ingående objekt skulle alltså kunna utvecklas till att fungera som ett nav för beslutsfattande, kontroll och kommunikation genom hela byggprocessen omfattande hela byggprojektet.

Utredningen om hur byggbranschen ser på arbetsmiljö visar att det finns en hög medvetenhet om arbetsmiljöaspekter, samt att övergången mot att använda BIM i byggprojekt skulle kunna användas för att ytterligare öka denna medvetenhet. Men för att riktigt kunna utnyttja möjligheterna med BIM för att skapa säkrare arbetsplatser, krävas att man arbetar i 4D, d.v.s. att tidplanen inkluderas i modellen. Detta kommer i sin tur att ställa krav på att information om hur produktionen skall ske, måste inkluderas i modellen under projekteringsprocessen.

Projektet vill tacka **SBUF** som har bidragit med finansiellt stöd samt alla som har ställt upp och delat med sig av sina kunskaper avseende BIM och arbetsmiljöarbete i byggprojekt.



## Innehåll

Innehåll .....	3
1. Introduktion.....	4
1.1 Bakgrund och motivation .....	4
1.2 Syfte och mål.....	5
1.3 Metodik .....	5
1.4 Projektorganisation.....	5
2. Arbetsmiljö i byggprojekt .....	6
2.1 Säkerhetsarbetets utvecklingspotential .....	9
3. Relaterade studier och utvecklingsinitiativ .....	12
4. Byggbranschens syn på arbetsmiljöarbetet.....	16
4.1 Är arbetsmiljön en högprioriterad fråga vid beslutsfattande?.....	16
4.2 Röster från praktiken .....	17
4.3 Vad tycker ”BIM-entusiasterna”? .....	20
5. En modellbaserad projekteringsprocess att stödja en säkrare byggarbetsplats .....	23
5.1 BIM som informationsbärare .....	23
5.2 BIM för samverkan mellan aktörer .....	23
5.3 BIM i produktionsskedet .....	25
5.4 LKABs bygge av MK3 som tidigt exempel på användning av modellbaserad planering av byggproduktion med systematiskt säkerhetsarbete .....	27
5.5 BIM-projektering som stöd för systematiskt arbetsmiljöarbete .....	30
5.5.1 Undersökning .....	31
5.5.2 Riskbedömning .....	32
5.5.3 Åtgärder .....	35
5.5.4 Kontroll .....	37
5.6 Modellfiler.....	38
5.6.1 Kategorisering.....	38
5.6.2 Identifiering.....	38
5.6.3 Placering .....	39
5.6.4 Överföring.....	39
5.6.5 Olika typer av programvaror.....	40
5.6.6 Exempel på BIM-programvaror.....	41
5.6.7 Samordning .....	42
5.7 Exempel på egenskaper med BIM att planera tungt lyft på arbetsplats .....	43
6. Diskussion.....	46
6.1 BIM-projektering .....	46
6.2 Mot en förändring.....	46
7. Referenser .....	47

## 1. Introduktion

### 1.1 Bakgrund och motivation

Under 2009 registrerades 1 509 olyckor inom bygg- och anläggningssektorn vilket ger 10,2 olyckor per 1000 sysselsatta. Nio av dessa ledde till dödlig utgång. De vanligaste olyckorna är kopplade till maskiner och verktyg, fallolyckor, materialfel och hanteringsskador (Arbetsmiljöverket, 2010). Visserligen ligger olycksfrekvensen på en historiskt låg nivå (Byggindustrin, 2010), men det fortfarande inom byggbranschen som det sker flest olyckor med dödlig utgång – 24 av totalt 183 tillbud (Arbetsmiljöverket, 2010). Mot denna bakgrund kan man konstatera att det krävs ytterligare initiativ för att få säkrare arbetsplatser.

Traditionellt har säkerhetsarbetet fokuserats på att ta fram råd och beskrivningar kring vilka aktiviteter som ska genomföras för att eliminera potentiella olycksrisker. Dessa råd och beskrivningar har skapat en nödvändig systematik i säkerhetsarbetet. Men för att komma vidare i säkerhetsarbetet krävs det ett bra säkerhetsklimat i byggprocessen. Det skall alltid finnas en säkerhetsdimension i tolkningar och beslut, vilket är speciellt viktigt i tidigt skede.

Förändring kan komma via det paradigmskifte med övergången från 2D- till 3D- och BIM-projektering vi ser idag. Skiftet innebär att man som informationsbärande går från dokument till databaser. Objektbaserad projektering med BIM förmedlar inte bara projekterings-/konstruktionsunderlag utan visar också produktionsprocessen samt slutprodukten i en s.k. ”as-built” modell. Funktioner som till exempel visualisering, animering, 4D och att kunna koppla egenskaper till enskilda eller grupper av objekt, stödjer att sudda ut gränserna mellan projektering och produktion för att tidigt kunna involvera relevant kompetens för att utforma produktionskedet och arbetsmiljö.

*Arbetsmiljölagen anger skyldighet att ta hänsyn till byggarbetsplats redan i projekteringen.*

*Aktuellt projekt utgår ifrån att man kan använda sig av BIM för att tidigt kunna ”planera bort” potentiellt farliga miljöer och situationer på byggarbetsplatsen.*

Denna förändring kommer dock medföra vissa konsekvenser för projektorganisationen framförallt m a p projekteringskedet. Det uppstår ett tydligare behov av att förutsäga produktionsprocessen för att i ett tidigt skede kunna identifiera och hantera riskmoment. Detta innebär att ansvariga för produktionsprocessen och arbetsmiljö kommer att behöva involveras tidigare än normalt.



### 1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att utreda behov och inställning till att BIM effektivisera arbetsmiljöarbetet i byggprojekt. Därtill vill projektet visa hur BIM-projektering med dess variation av potential kan stödja tidigt skede att effektivt hantera arbetsmiljöaspekter på den framtida byggarbetsplatsen.

*Aktuellt projekt utgår ifrån att man kan använda sig av BIM för att stödja ett systematiskt arbetsmiljöarbete.*

Det övergripande målet är att få säkrare byggarbetsplatser med färre olyckor. De som särskilt gynnas av detta är personal verksamma på byggarbetsplats, byggnadsarbetare, men också byggbranschen i stort. Projektet vill med detta initiativ också bidra till att bredda användandet av BIM.

### 1.3 Metodik

Studien som genomförts i samverkan mellan byggbransch och akademi omfattar litteraturstudie, datainsamling via intervjuer och olika medier, samt tillämpning och förevisning av föreslaget arbetssätt.

Litteraturstudien inkluderar statistik om arbetsplatsolyckor och annan relevant och aktuell information om arbetsmiljö i byggprojekt. Vidare data har samlats in via intervjuer med bl a representanter för olika aktörer som är involverade i projekteringsfasen, platschefer, BIM-ansvariga i större byggföretag, samt via Open BIMs diskussionsforum på LinkedIn. Data har även används från en tidigare enkätstudie där bl a olika faktorer betydelse för beslutsfattande undersöktes. Syntes av *state-of-the-art* teknik och ändamålsenligt och systematiskt arbetsmiljöarbete med tekniska förutsättningar föreslår och exemplifierar nytt arbetssätt.

Tydliga beröringspunkter finns med SBUF projekt ”K1 - En ritning för ökad säkerhet på arbetsplatsen” (Holm m fl, 2012) vilket tar fram en säkerhetsritning och ett förslag på arbetssätt som uppmärksammar moment på ritningen som kan innebära en säkerhetsrisk under produktionen.

### 1.4 Projektorganisation

Deltagarna i detta projekt är från NCC Teknik, tekn. dr. Stefan Dehlin (projektledare) samt från Högskolan i Skövde (HIS) docent Henrik Linderoth.

Projektarbetet har haft stöd av en grupp bestående av Daniel Segenstedt, Skanska, Andreas Ask, NCC Virtuellt Byggnande och Anna Elmberg Dahl, NCC Arbetsmiljö.



## 2. Arbetsmiljö i byggprojekt

Med projekteringsansvar menas det ansvar byggherrar och projektörer har att under projekteringen se till att en god arbetsmiljö blir möjlig, dels i den färdiga byggnaden eller anläggningen, dels under tiden denna byggs. Ansvar för arbetsmiljöarbetet regleras i arbetsmiljölagen (AML 1977:1160). Enligt AML 3 kap 6 § arbetsmiljölagen skall de som låter utföra ett byggnads- eller anläggningsarbete (Byggherren) under varje skede av planeringen och projekteringen se till att arbetsmiljösynpunkter beaktas när det gäller såväl byggskedet som framtida brukande. Byggherren skall utse en lämplig byggarbetsmiljösamordnare för såväl planering och projektering (BAS-P) som för utförandet av arbetet (BAS-U). Byggherren kan utse sig själv eller någon annan till byggarbetsmiljösamordnare. Detta befriar dock inte byggherren från ansvar.

Den 1 januari 2011 beslutade Arbetsmiljöverket om nya skärpta regler för arbetsmiljöarbetet inom byggverksamhet. En bidragande orsak till detta var bland annat det ökade antalet olyckor på byggarbetsplatser. En förändring var att man ställer högre krav på byggarbetsmiljösamordnarna. Dessa skall nu ha ”den kompetens, utbildning och erfarenhet som behövs för att kunna utföra sina arbetsuppgifter” (tidigare fanns det inte några formella krav på den som skulle vara BAS). Till exempel så måste den som vill bli BAS-P eller BAS-U måste genomgå utbildning inom sitt arbetsområde för att få utföra arbetet, ha grundläggande arbetsmiljökunskap samt goda kunskaper om innehållet i arbetsmiljölagen. Byggherren måste i sin tur kunna styrka att utsedd byggarbetsmiljösamordnare är lämplig för sitt uppdrag.

Det är emellertid inte bara byggherren och entreprenören som berörs av arbetsmiljöarbetet. Byggprojekt omfattar vanligen en rad olika aktörer, såsom huvudentreprenör och en eller flera underentreprenörer, samt olika underleverantörer av varor och tjänster. Alla inblandade i byggprojektet är skyldiga att inom ramen för sitt uppdrag se till att arbetsmiljösynpunkter beaktas såväl i byggskedet som i det framtida brukandet. Detta skall göras under varje skede av planeringen och projekteringen. Ett aktuellt exempel är olyckan i Kista Galleria 2008 där en konstruktör av Solna Tingsrätt blev dömd för arbetsmiljöbrott genom att hon orsakat en byggnadsarbetares död och orsakat två andra allvarliga skador. Målet visar att det personliga, straffrättsliga ansvar som arbetsmiljölagen och brottsbalken stadgar kan komma att utkrävas även av den som har ansvar för projektering.

Detta fall och andra liknande tragiska händelser har onekligen bidragit till större fokus på arbetsmiljöfrågorna inom byggbranschen. Vi har inte bara sett skärpta regler för arbetsmiljöarbetet utan också enskilda initiativ för att förbättra säker-



heten. Till exempel ordnade NCC i september 2011 en gemensam (och obligatorisk) dag för fokus på arbetsmiljö, hälsa och säkerhet, ”Awareness Day” med fokus att skapa en säkrare arbetsplats för att förhindra olyckor på jobbet. Resultatet från detta initiativ gav inte bara en större medvetenhet om arbetsmiljöfrågor men också en hel del nya uppslag om hur man kan förbättra arbetsmiljöarbetet.

En viktig slutsats man kan dra från både enskilda situationer och företag, samt den miljö som ett byggprojekt utgör är hur viktigt det är med systematiskt arbetsmiljöarbete redan på ett tidigt stadium och att alla parter som är inblandade i byggprojektet gemensamt tar sitt ansvar och vidtar åtgärder för att förhindra att olyckor uppstår. Det ställs höga krav på samordning och kommunikation för att säkerställa att säkerheten upprätthålls genom hela byggprocessen, ur flera olika aspekter.

Just systematiken i arbetsmiljöarbetet och att alla de inblandade i byggprojektet gemensamt tar sitt ansvar är något som strakt betonas i både praktiska vägledningar för hur en förbättrad arbetsmiljö kan skapas, samt de ”verktyglådor” som har utvecklats för praktiskt bruk av arbetsmiljöforskare (se t ex Sveriges Byggindustrier; Törner m fl, 2008). T ex har Sveriges Byggindustrier tagit fram en skrift som är avsedd att fungera som ett hjälpmedel för att företagen skall kunna bygga upp ett system som skall säkra och förbättra arbetsmiljön. Syftet med skriften är att hjälpa företagen att systematiskt och steg för steg arbeta med arbetsmiljön. Nedanstående 12 frågeställningar ingår i det systematiska arbetsmiljöarbetet:

1. Finns det en målsättning för vad arbetsmiljöarbetet skall leda till?
2. Är det praktiska ansvaret för arbetsmiljön tydliggjort för chefer/arbetsledare?
3. Vet ni vilka arbetsmiljöproblem ni har. Finns handlingsplaner för erforderliga åtgärder?
4. Följer ni upp olycksfall, tillbud och arbetssjukdomar i förebyggande syfte?
5. Är sjukfrånvaron och personalomsättningen på acceptabel nivå?
6. Görs rehabiliteringsutredningar och anpassningsåtgärder för sjukskrivna?
7. Får nyanställda tillräcklig introduktion?
8. Fungerar information/utbildning om risker och skyddsåtgärder?
9. Finns väl fungerande underhållsrutiner för t ex maskiner?
10. Finns inköpsrutiner som även beaktar arbetsmiljösynpunkter?

11. Fungerar samordningen av arbetet för en säker arbetsmiljö, på gemensam arbetsplats?
12. Är punkterna ovan skriftligt dokumenterade?

Om ett företag svarar nej på någon frågeställning kan man gå vidare och få ytterligare praktiska råd för hur man kan gå tillväga för att uppfylla målsättningen. T ex finns det för fråga ett och två färdiga förslag till hur en enkel arbetsmiljöpolicy kan se ut, samt exempel på hur ett dokument för uppgiftsfördelning och delegering kan utformas. För att ytterligare illustrera hur tankarna bakom systematiken i arbetsmiljöarbetet ser ut, kan den tredje frågeställningen tas som utgångspunkt:

- Vet ni vilka arbetsmiljöproblem ni har? Finns handlingsplaner för erforderliga åtgärder?

Ett företag som inte har full kontroll över vilka arbetsmiljöproblem som kan finnas och därmed inte heller har handlingsplaner för att åtgärda arbetsmiljöproblem, kan få stöd i att genomföra en kartläggning av befintliga arbetsmiljörisker. I skriften från Sveriges Byggindustrier finns en checklista på vad som kan ingå vid kartläggningen av arbetsmiljörisker. Checklistan är indelade i tre huvudområden och innehåller följande punkter:

### **Samarbete och trivsel**

1. *Produktionen.* Är arbetet stressande eller tempot ryckigt? Är kraven rimliga?
2. *Utbildning.* Fungerar introduktionen för nyanställda och vidareutbildningen av alla anställda?
3. *Information.* Får de anställda regelbundet information om företagets mål, resultat m.m.?
4. *Samarbete.* Fungerar relationerna bra mellan arbetskamrater, chefer och företagsledning? Har personalen möjlighet att påverka sin arbetssituation?
5. *Trivsel.* Är företagsandan bra och får de anställda stimulans i sitt arbete?

### **Fysiska och kemiska risker**

6. *Belysning.* Behöver allmän- eller platsbelysningen förbättras vid någon arbetsplats? Finns störande bländning eller reflexer?
7. *Klimat.* Är vinterförberedelser gjorda? Kan förtillverkning ske?
8. *Ergonomi, arbetsställningar.* Ger arbetet ensidiga eller tunga belastningar, används hjälpmedel i tillräcklig omfattning? Finns lämpliga hjälpmedel?



9. *Kemiska risker.* Finns risk för inandning av eller hudkontakt med hälsofarliga ämnen? Finns märkning, varuinformationsblad m.m.

10. *Buller och vibrationer.* Är ljudnivån för hög? Vibrerar arbetsredskap eller annat?

### Övrigt

11. *Arbetslokaler samt kontors- och personalutrymmen.* Är utrymmet tillräckligt och välutformat? Finns det städrutiner?

12. *Ordning och reda.* Är det städlat och framkomligt?

13. *Brand och explosion.* Finns det utrymnings- och räddningsplaner? Finns utrustning och kunskap för heta arbeten?

14. *Första hjälpen.* Finns utrustning och tillräckligt med kunniga personer?

15. *Noggrannare undersökningar.* Behöver något undersökas mer i detalj?

16. *Tidigare undersökning.* Har den följts upp?

17. *Skyddsronder.* Genomförs de på arbetsplatserna? Vem deltar?

18. *Skyddsutrustning, även personlig.* Behöver den kompletteras/moderniseras?

Rent konkret föreslås det att ett verktyg som kan användas för att genomföra kartläggningen kan vara en s.k. miljöronde. När miljöronden är genomförd och arbetsmiljörisiker är identifierade blir nästa steg att upprätta en handlingsplan för hur riskerna kan minskas eller helt elimineras. I denna handlingsplan skall det framgå vad som skall göras rent konkret och vem som är ansvarig för att en åtgärd blir utförd.

### 2.1 Säkerhetsarbetets utvecklingspotential

Trots ett ambitiöst arbete med att förbättra säkerheten på byggarbetsplatserna förekommer det upplevda brister i säkerhetsarbetet. 2009 genomförde Byggcheferna och Byggnads en studie där 1490 byggchefer och byggnadsarbetare besvarade en enkät om hur lågkonjunkturen påverkat arbetsmiljön i byggbranschen. Resultaten publicerades i rapporten "Krafttag mot arbetsmiljöbrott" (Björklund, 2009).

Det är byggherren som bär huvudansvaret för arbetsmiljön. Trots det svarar mer än var annan tillfrågad (51 %) att byggherren sällan eller aldrig följer upp entreprenörens arbetsmiljö- och säkerhetsarbete på arbetsplatsen.

När det gäller projektörens ansvar så uppger 65 % av byggcheferna att det är ovanligt eller att det aldrig sker att projektörerna bedömer riskfyllda arbeten och lämnar underlag för riskanalyser till byggcheferna.



Byggnadsarbetarna upplever dessutom att arbetsgivarna brister i sitt informationsansvar. 71 % svarar att det är ovanligt eller att det aldrig sker att arbetsgivarna informerar om riskerna i ett projekt och talar om hur riskfyllda arbetsuppgifter ska utföras på ett säkert sätt.

Den enskilda åtgärd som flesta tror skulle kunna bidra till ökat ansvarstagande samt få företag och individer att följa lagstiftning och föreskrifter är direkta böter vid brott mot lagstiftning/föreskrifter.

I rapporten diskuterar Björklund (2009) vidare läget i byggbranschen, t ex med avseende på vad regeringen kan göra för att förbättra arbetsmiljöarbetet, samt vilka krav som kan ställas på enskilda individer. Björklund konstaterar regerings linje i säkerhetsarbetet handlar om att attityder och beteenden i måste förändras i byggbranschen. Detta skall ske genom informationsinsatser och frivillighet, inte genom tillsyn och tvingande åtgärder. Björklund reser dock frågan om hur lång tid en sådan process kan ta, eftersom attityder styrs av normer och värderingar vilka och är djupt rotade och svåra att förändra. I synnerhet om man ser till professionella grupperingar så finns där en stark lojalitet med den egna gruppen och de ideal som råder inom professionen, vilket gör att det finns ett motstånd mot förändringar och styrning utifrån.

En annan central faktor som försvårar arbetsmiljöarbetet enligt Björklund är att lägsta pris ofta är en överordnad faktor vid upphandlingar. Detta medför att företag som vill satsa seriöst på god arbetsmiljön får en försvagad konkurrenskraft vid en upphandling gentemot företag som inte vill lägga några större resurser på arbetsmiljöfrågor. Mot denna bakgrund ger Björklund nio rekommendationer till för hur branschen kan snabba på arbetet med att minska arbetsmiljö problemen i inom byggbranschen:

1. Fokusera på byggprocessen som helhet och säkerställ att planeringen och projekteringen skapar rätt förutsättningar för entreprenadföretagen, platschefer och byggnadsarbetare att lyckas under utförandet.
2. Etablera rutiner för att kontinuerligt analysera risker under byggskedet och för att säkerställa att kraven enligt lagstiftning och föreskrifter uppfylls.
3. Öka Arbetsmiljöverkets tillsyningsverksamhet och genomför fler kontroller under såväl planeringen och projekteringen som utförandet.



4. Inför ekonomiska sanktioner i form av direkta viten/böter för arbetsmiljöbrott. Det ger seriösa företag möjlighet att prioritera arbetsmiljön och säkerheten i byggandet.
5. Satsa på utbildning och höj den individuella kunskapsnivån hos samtliga involverade i ett byggprojekt, det gäller såväl byggherrar och projektörer som entreprenadföretagen och deras anställda.
6. Starta en branschgemensam samverkan, likt ”krafttag mot svartarbete”, och ta ett gemensamt krafttag mot arbetsmiljöbrott.
7. Förändra arbetsplatsens skyddsorganisation och utveckla en samverkansform där BAS-U och skyddsombuden har arbetsplatsen som gemensam spelplan.
8. Ge skyddsombuden befogenheter att företräda alla arbetstagare på ett gemensamt arbetsställe oavsett vem arbetsgivaren är. Ge skyddsombuden rätten att stoppa arbeten på ett gemensamt arbetsställe som utgör allvarlig fara för liv och hälsa, oavsett vem det är som utför dem.
9. Öka det individuella ansvarstagandet genom utbildning och kompetenshöjande åtgärder. Varje individ måste ta större ansvar för både sin egen och andras säkerhet/hälsa i byggandet.

Avslutningsvis kan det konstateras att en stor del av arbetsmiljöarbetet i praktiken handlar om att skapa en systematik för att identifiera och eliminera risker i arbetsmiljön. Detta angreppssätt har också som vi sett kompletterats med krav på strängare kontroller, men också en betoning av det individuella ansvarstagandet. Som kommer att framgå i nästa kapitel så är systematiken i arbetsmiljöarbetet en viktig utgångspunkt. Men finns det inte en väl inarbetad säkerhetskultur, så spelar långa checklistor en relativt liten roll.



### 3. Relaterade studier och utvecklingsinitiativ

För att reducera risken för olyckor, som förutom mänskligt lidande, kan leda till förseningar och ökade kostnader i ett projekt, är planeringen av en säker arbetsmiljö en central aktivitet i ledningen och styrningen av ett bygg- och anläggningsprojekt.

Planering av en säker arbetsmiljö skall skapa förutsättningar för att säkerheten skall vara en lika central del i ett byggprojekt, som produktionsplaner, kostnader, kvalitet och andra projektmål. Men för att skapa en säker arbetsmiljö krävs det att planeringen för denna startar i de tidiga skedena i byggprocessen. Szymberski (1997) argumenterar för att möjligheten att påverka säkerheten på en byggarbetsplats minskar dramatiskt ju närmare produktionsfasen man kommer. Därför finns det en stor möjlighet att påverka säkerheten under projekterings-skedet. Problemet har dock traditionellt varit att aktörerna i projekteringsfasen inte har upplevt att säkerhetsfrågor har varit ett högprioriterat område för dem (Brace m fl, 2009). En anledning till detta förhållningssätt kan vara att 2D-ritningar har varit det medium som illustrerar byggnaden för projektörerna. För att kunna identifiera potentiella säkerhetsrisker måste projektörerna vara kapabla att översätta en 2D-ritning till en tredimensionell modell, vilket har försvårat säkerhetsplaneringen under projekteringsfasen (Collier, 1994; Chantawit m fl, 2005). Mot denna bakgrund framstår BIM som ett medel som avsevärt skulle kunna underlätta att ta hänsyn till säkerhetsfrågor redan under de tidiga skedena av byggprocessen. Främst tack vare möjligheten att se en byggnad i tre dimensioner. Men enbart ett införande av BIM som möjliggör en visualisering av en byggnad, kommer inte att leda till att ett säkerhetstänkande uppstår per automatik i de tidiga skedena av byggprocessen.

För att skapa en bättre säkerhet på byggarbetsplatsen måste projektörerna ha förståelse och kunskap om hur risker uppstår i produktionsprocessen och hur man redan under projekteringsfasen kan minimera riskerna (Baxendale och Jones, 2000). Mot denna bakgrund är det inte så förvånande att projektörer som arbetar i entreprenörsföretag redan under projekteringsprocessen är kapabla att identifiera potentiella risker på en byggarbetsplats. Genom att dessa projektörer arbetar tillsammans med kollegor som är involverade i produktionsfasen skapar projektören en förståelse för de säkerhetsfrågor som är centrala på en byggarbetsplats. Med andra ord är en förståelse och kunskap om produktionsprocessen hos byggprocessens aktörer ytterligare en förutsättning för att kunna skapa säkrare arbetsplatser. I detta sammanhang skulle då BIM kunna fungera som en katalysator för att integrera aktörer från olika stadier i byggprocessen med syftet att skapa en säkrare arbetsmiljö.



Men för att skapa en bättre förståelse för hur BIM kan bidra till en säkrare arbetsmiljö på byggarbetsplatsen, måste vi förstå vilka byggstenar som krävs för att skapa en säker arbetsmiljö. Enligt arbetsmiljöverket är grunden för en god arbetsmiljö systematik och samverkan. (Arbetsmiljöverket, 2010). Systematiken skall skapa förutsättningar för att upptäcka och åtgärda brister i arbetsmiljön, samt att ansvariga finns för att åtgärda eventuella brister. För att skapa en god systematik i arbetsmiljöarbetet krävs det också en samverkan mellan olika parter för att kunna upptäcka och åtgärda de risker som finns. Men systematiken och samverkan kan ses som en produkt av fem olika nivåer som samspelar i skapandet av en säker arbetsmiljö. Törner m.fl. (2008) har identifiera den fysiska miljön, individen, systemet, organisationen, samt säkerhetsklimat och säkerhetskultur som de fem nivåer som samspelar i skapandet av en säkrare arbetsmiljö.

Den fysiska miljön kan ses som den mest basala delen i att skapa en säkrare arbetsmiljö. Kortfattat handlar det om att använda ändamålsenlig säkerhetsutrustning för individen som befinner sig på arbetsplatsen, samt på maskiner och byggdelar för att förhindra att personskador uppstår. Vidare handlar säkerhetsarbetet i den fysiska miljön om att planera så att transporter och maskinförflyttningar kan ske på ett säkert sätt. För att förbättra arbetet i den fysiska arbetsmiljön finns det olika riskanalys- och säkerhetsmetoder som kan användas för att undanröja potentiella risker i den fysiska arbetsmiljön.

Törner m fl (2008) konstaterar skulden för olyckor och tillbud ofta läggs på den enskilde individen, den mänskliga faktorn. D v s att olyckan, eller tillbudet har inträffat pga. mänsklig felhandling. Men Törner m fl konstaterar att mänsklig felhandling oftast har sin grund i omgivande faktorer och skylla på den mänskliga faktorn leder enbart till att bakomliggande orsaker osynliggörs. För att illustrera problematiken som Törner m fl lyfter fram kan vi föreställa oss en olycka/olyckstillbud där man enbart konstaterar att händelsen inträffade pga. mänsklig felhandling. Skulle vi undersöka fallet närmare, kanske vi skulle upptäcka att felhandlingen berodde på trötthet hos arbetstagaren, vilken hade förorsakats av långa arbetspass som var en följd av att företaget inte täckt upp för vakanser som har uppstått. I detta fall ser vi att den mänskliga faktorn var en konsekvens av brister i organisationen. Lite längre fram skall vi återkomma till den organisatoriska nivån i säkerhetsarbetet.

Systemnivån handlar om att mänskliga och tekniska komponenter samverkar i ett system för att uppnå arbetets mål. De tekniska komponenterna kan vid första anblicken betraktas som "oflexibla". Den mänskliga delen av systemet betraktas



däremot som mera anpassningsbar och människan antas kunna bedöma en situation och anpassa sitt beteende efter den gjorda bedömningen för att nå ett visst mål. En central egenskap hos den tekniska delen av systemet är att det skall vara användarvänligt och inte ge upphov till felbedömningar, d.v.s. informationen som presenteras skall underlätta för människan att fatta rätt beslut. T ex skall beskrivningar av handhavandet av maskiner, enskilt eller som en del i ett större tekniskt system, vara utformat så att handhavandet inte leder till att riskfyllda situationer uppstår.

På den organisatoriska nivån handlar säkerhetsfrågor om hur man t ex fördelar ansvar och befogenheter för säkerhetsfrågor, samt hur detta påverkar arbetssättet. Vidare är frågan hur en organisation skapas där information som är väsentlig för säkerhetsarbetet kan fångas upp, bedömas, omsättas i praktisk handling, samt återkopplas.

Den sista nivån handlar om säkerhetsklimatet och säkerhetskulturen. Törner m fl (2008) understryker att det är denna nivå som är central för att komma vidare i säkerhetsarbetet. Anledningen är att säkerhetsarbetet under decennier har varit inriktat på den fysiska miljön, individen, samt människa-maskinsystemet. Men genom att utgå ifrån säkerhetsklimatet kan man skapa en helhetssyn på säkerhetsarbetet och även upptäcka styrkor och svagheter på de andra nivåerna. I detta sammanhang kan det också vara på sin plats att göra en distinktion mellan säkerhetskultur och säkerhetsklimat. Törner (m fl, 2008) menar att säkerhetskulturen utgår från de normer och värderingar som finns avseende säkerhet. Säkerhetsklimatet kan sin tur ses som det medlemmar i en grupp uppfattar och tolkar med sina sinnen, att ”så här gör ledningen här”, eller ”så här gör vi här”.

Mot denna bakgrund kan vi redan nu anta att BIM kan ha en positiv inverkan på säkerhetsklimatet. Eftersom säkerhetsklimatet formas av det medlemmar i en grupp uppfattar och tolkar med sina sinnen så kan en 3D-modell av en byggarbetsplats underlätta identifiering av potentiella risker. Detta har också varit en utgångspunkt i en finsk studie genomförd av VTT (se Kiviniemi m fl, 2011). Slutsatsen i studien var att 4D-BIM var ett centralt hjälpmedel för att kunna genomföra en mera verklighetsförankrad planering med avseende på olika säkerhetsåtgärder vid olika tidpunkter. Genom möjligheten att visualisera olika säkerhetsåtgärder skapades även goda förutsättningar för att kunna kommunicera kring olika risker. T ex kunde behovet av fallskydd visualiseras, risker vid rivningsarbeten, eller risker som uppstod i och med att tillfällig utrustning och maskiner fanns på en byggarbetsplats. Men det konstaterades även i rapporten att mera erfarenhet krävs för att kunna utföra 4D-simuleringar, samt att det krävs ytterligare en utveckling av modelleringsverktyg så som t ex objektbibliotek och

## Slutrapport

SBUF 12505 – Säkerhet på bygget med BIM



en mera dynamisk modell av byggarbetsplatsens utveckling med avseende på aktiviteter som pågår och utrustning som finns på plats.

Vad som slutligen är intressant med den finska studien är att det krävs 4D-BIM, dvs. att tidplanen måste vara inlagd i modellen, för att kunna utföra en säkerhetsplanering, som i sin tur kan påverka säkerhetsklimatet. Om tidplanen även skall integreras i modellen kommer det också att krävas information om hur produktionen är tänkt att planeras. Frågan att reflektera över är om projekteringsgruppen skall utforma tidplanen eller om den tänkte produktionsledaren skall kopplas in?



#### 4. Byggbranschens syn på arbetsmiljöarbetet

För att skapa en ökad förståelse för hur arbetsmiljön och säkerheten kan förbättras på en byggarbetsplats, måste vi även ha en förståelse för den omgivning där byggprojektet äger rum. Med omgivning avser vi i detta sammanhang inte den fysiska omgivningen, utan vilka lagar, regleringar, upphandlingsformer, normer, värderingar etc. som formar ett byggprojekt. Med andra ord, för att kunna visa på hur man i projekteringskedet med hjälp av BIM kan ta hänsyn till arbetsmiljön på byggarbetsplatsen, måste vi förstå den omgivning som påverkar byggprocessen. För att uppnå detta har vi använt oss av en rad olika källor för att samla information. Förutom de intervjuer som har genomförts specifik inom detta projekt har vi även dragit nytta av insamlad data från tidigare studier av byggbranschen, t ex både fallstudier och enkätstudier. Datainsamlingen av även skett via nyare sociala media, främst LinkedIn.

##### 4.1 Är arbetsmiljön en högprioriterad fråga vid beslutsfattande?

Som diskuterades i rapportens inledning har säkerhet och arbetsmiljöarbetet hamnat mer och mer i fokus under senare år. Detta ökade fokus kommer till uttryck bland annat via byggföretagens hemsidor. De tre stora företagen, NCC, PEAB och Skanska, redogör på sina hemsidor för hur man vill arbeta för att uppnå en säkrare arbetsmiljö. Även mindre och medelstora företag talar i olika omfattning om vikten av en säker arbetsmiljö på sina hemsidor även om omfattningen på beskrivningarna är mindre än för de större företagen. Detta är i och för sig naturligt eftersom de mindre och medelstora företagen inte har samma resurser som de större företagen. Men en kritisk fråga kan lyftas om inläggen om strävan mot en säker arbetsmiljö på företagens hemsidor är förankrat ute i verksamheten. Dvs. vilken hänsyn tas till arbetsmiljöaspekter när olika typer av beslut fattas i verksamheten? I en enkätstudie 2007 ställdes frågan till tjänstemän i ett större byggföretag samt ett 20-tal små och medelstora företag om vilka faktorer som spelar roll vid olika typer av beslutsfattande. Frågorna fokuserade på beslutsfattande i samband med val av material och produkter, samt val av produktionsmetoder. Respondenterna ombads att uppskatta vilken betydelse olika faktorer hade vid val av material och produkter, samt val av produktionsmetoder (se Tabell 1 och Tabell 2).

Som framgår av resultaten tillmäts arbetsmiljöaspekter en relativt stor vikt vid beslutsfattandet, även om ekonomiska och kvalitetsmässiga faktorer gavs något högre vikt. Vad som även är intressant att konstatera är att det fanns ett mycket starkt samband mellan hur man bedömde kvalitetsaspekter och arbetsmiljöaspekter. Dvs. om en person bedömer att kvalitetsaspekter är mycket viktiga så finns det även stor chans att denna person bedömer att arbetsmiljöaspekter också



är viktiga vid beslutsfattandet.

*Tabell 1. Uppfattning om faktorer som påverkar valet av material och produkter.*

<b>Försök att på en skala 1 till 6 (1 = håller inte alls med, 6 = håller absolut med) uppskatta hur väl du instämmer med nedanstående påståenden om hur olika faktorer påverkar de beslut som tas produktionsprocessen</b>	<b>Medelvärde</b>
När vi väljer mtrl och produkter är kvalitet den viktigaste faktorn för vårt beslut	4,37
När vi väljer mtrl och produkter är den direkta inköpskostnaden den viktigaste faktorn för vårt beslut	4,35
När vi väljer mtrl och produkter är arbetsmiljöaspekter den viktigaste faktorn för vårt beslut	4,13
När vi väljer mtrl och produkter är de långsiktiga kostnaderna den viktigaste faktorn för vårt beslut	4,09
När vi väljer mtrl och produkter är dess miljöpåverkan den viktigaste faktorn för vårt beslut	3,86

*Tabell 2. Uppfattning om faktorer som påverkar valet av produktionsmetoder.*

<b>Försök att på en skala 1 till 6 (1 = håller inte alls med, 6 = håller absolut med) uppskatta hur väl du instämmer med nedanstående påståenden om hur olika faktorer påverkar de beslut som tas produktionsprocessen</b>	<b>Medelvärde</b>
När vi väljer produktionsmetoder är kostnaden den viktigaste faktorn för vårt beslut	4,94
När vi väljer produktionsmetoder är kvalitetsaspekter den viktigaste faktorn för vårt beslut	4,55
När vi väljer produktionsmetoder väljer är arbetsmiljöaspekter den viktigaste faktorn för vårt beslut	4,48
När vi väljer produktionsmetoder är dess miljöpåverkan den viktigaste faktorn för vårt beslut	3,96

Att det ekonomiska faktorerna vägde tyngst vid beslutsfattandet är heller ingen stor överraskning, eftersom branschen har präglats av att det anbud som har lägsta priset vinner en upphandling. Men det som är intressant att se från enkätresultaten är det finns ett högt säkerhetsmedvetande och att detta är tätt kopplat till kvalitetsfrågor.

#### **4.2 Röster från praktiken**

I enkätstudien som redovisades i föregående avsnitt framgick det tydligt att det finns en hög medvetenhet om säkerhetsaspekter när produktionsrelaterade beslut skall fattas. Nästa steg blir då att närmare studera hur man kan dra nytta av BIM för att ytterligare höja säkerheten på arbetsplatserna. I den resterande delen av detta kapitel kommer därför synpunkter från olika aktörer inom branschen att redovisas. Först presenteras resultat från intervjuer som har gjorts med aktörer som medverkar i eller har ett inflytande över projekterings- och produktionsprocessen. Därefter presenteras synpunkter som samlats in på OpenBim's forum på LinkedIn.



En platschef ser direkt en aspekt där BIM-projektering kan bidra till att undanröja riskmoment i produktionsfasen. Han nämner håltagning i Prefab-element som ett bra exempel. Kan man redan i modellen få med alla installationer på ett korrekt sätt, så blir det avsevärt enklare att säkerställa att alla nödvändiga hål i ett Prefab-element kommer med. Detta kan dels ske genom kollisionskontroller, men även genom att ett rum visualiseras så kan man upptäcka huruvida hålen i Prefab-elementen är korrekt placerade eller ej. Den stora vinsten med detta blir att man slipper göra extra håltagningar när Prefab-elementen väl är på plats. Detta medför ekonomiska besparingar, man framför allt undanröjs ett extra riskmoment om man slipper göra en extra håltagning från en hög ställning.

Vidare säger platschefen att kopplingen mellan arkitektens designlösning och konsekvenser för produktionsprocessen historiskt har varit svag, men det har blivit något bättre nu. Han exemplifierar detta med att arkitekten kanske vill ha stora glasrutor. En arkitekt som då reflekterar över konsekvenserna för produktionen gör en designlösning som gör att glasrutorna kan lyftas på plats. Men en arkitekt som inte reflekterar över produktionsprocessen gör en lösning som innebär att rutorna måste bäras på plats, vilket är oacceptabelt ur arbetsmiljösynpunkt. Platschefen säger vidare att om man med hjälp av BIM kan man visualisera en designlösning så kan man redan under designskedet analysera vilka konsekvenser olika designlösningar får för arbetsmiljön och säkerheten i produktionsfasen. När det gäller konstruktörerna har dessa kommit något längre när det gäller att tänka på vilka konsekvenser en konstruktionslöning får i produktionsprocessen. Men platschefen säger att även här finns det utrymme för förbättringar, t ex när det gäller föreskrifter om hur en stomme skall stagas. Detta är information som konstruktören ska lägga in i modellen, anser platschefen. Ett annat exempel är tunga lyft. Platschefen säger att information som ska vara med i modellen är t ex lyftöglornas dimensioner: vad det skall vara för stroppar och vilken längd de ska ha. Den intervjuade platschefen ser ytterligare områden där BIM kan användas för att öka säkerheten på arbetsplatsen och nämner arbetsplatsdispositionen. Med hjälp av en 3D-modell kan man se åtkomligheten i olika delar av en byggnad, om man skall använda en lift eller en ställning, samt hur man kan undvika att flytta saker i onödan, vilket också höjer säkerheten.

En intervjuad BIM-ansvarig i ett större byggföretag ser också potentialen i att använda BIM för att höja säkerheten och minska olycksriskerna på en arbetsplats. Han ser säkerhetsplanering som ett centralt område och är övertygad om att det går att förebygga olyckor genom en bättre planering. Men då måste man ha ett visuellt stöd i planeringsarbetet, som gör att man kan förstå vilka riskmoment som finns och sedan planera bort dem. Han säger att detta skall göras re-



dan idag, men att man kan bli bättre på det. Det är en sak att försöka förklara hur man har tänkt för de inblandade, men med ett visuellt stöd ökar chansen att de inblandade förstår hur en lösning är tänkt. Han exemplifierar detta med ett bjälklag på 10:e våning och där det finns ett schakt. Då måste grindar dit redan från början, allt ska vara fördefinierat som t ex ingjutningsgods för räckan o s v. Det skall inte vara någon ropar att det behövs räckan att avgränsa schaktet, inget ska lösas på plats. Vidare nämner den BIM-ansvarige att säkerhetsarbetet i det egna företaget fungerar mycket bättre nu, där har man fått en kontinuitet i det och det finns ett bra säkerhetsmedvetande hos de egna anställda. Vad som däremot kan vara problematiskt ibland är säkerhetsmedvetandet hos vissa underentreprenörer, som inte har samma kontinuitet i sitt säkerhetsarbete. Detta är också en observation som en av rapportförfattarna gjorde i en studie av ett större byggprojekt. När säkerhetsfrågor diskuterades i projektmötena, så kom ofta problemet upp med att vissa underentreprenörer som inte använde den skyddsutrustning de borde ha.

Ytterligare synpunkter kring hur BIM skulle kunna bidra med att skapa en säkrare arbetsmiljö, samlades in via ett par studenter som skrev en kandidatuppsats om mera generella aspekter på BIM. Frågan de ställde till de intervjuade var:

*Hur skulle ett bra arbetsmiljöarbete med hjälp av BIM/3D kunna se ut i projekteringskedet med de förutsättningar som finns idag? T ex, vilken information skulle man vilja ha och när skulle man vilja ha den?*

Svaren de fick från de intervjuade personerna varierade från att man såg stora möjligheter, till att man såg många praktiska problem som kunde lägga hinder i vägen för en effektiv användning av BIM.

En konsult som har en lång erfarenhet av att arbeta med BIM och 3D-modeller konstaterade att genom en visualisering av arbetsplatsen skulle man kunna gå igenom hela byggprocessen. T ex kan man starta redan vid utgrävningen och studera vilka risker som kan identifieras där och sedan via arbetsplatsdispositionen identifiera rörelser av olika typer av fordon som äger rum. Vidare skulle även tunga lyft kunna identifieras och planeras i ett tidigt skede för att öka säkerheten. Konsulten konstaterar att med hjälp av detaljerade modeller skulle man kunna skapa en arbetsmiljö där eventuella skaderisker skulle kunna reduceras med hjälp flerdimensionella modeller.

Även en projekteringsledare på ett större byggföretag såg uppenbara fördelar i och med möjligheten till visualisering. Han konstaterade vidare att genom att



inkludera tidplanen i modellen skulle man kunna identifiera när olika riskmoment uppstår och ibland kanske t o m ändra arbetssekvensen för att på så sätt skapa en säkrare arbetsmiljö med hjälp av BIM.

En installationskonsult betonade vikten av information. Han konstaterade att man vill ha all information, eftersom ju mer riktig information man har när beslut fattas, ju mer rätta blir besluten i alla steg så att säga. Har man ett säkert underlag för sitt beslut med fullständiga förutsättningar då behöver inte ändringar göras som kan innebära att risker uppstår.

En beställarrepresentant konstaterade att man utformar en arbetsmiljöplan som är unik för varje projekt, där man identifierar olika risker som kan uppkomma. Användningen av BIM skulle då förenkla identifieringen av dessa riskmoment genom att projektören skulle få en bättre uppfattning om verkligheten och därmed kunna se risker som man annars lätt kan missa i en 2D-ritning.

En platschef pekade dock på problem som praktiken kan ställa till med. T ex har man saker som är väderutsatta och som man helst skulle vilja vänta med. Men det går inte alltid att göra det, för dels hinner man då inte göra färdigt byggandet i tid. Dels finns det en risk att man får in fukt i byggnaden där man inte vill ha det, då måste man torka ut eller kanske bytta material på vissa delar. Platschefen konstaterade vidare att tidsbristen ibland ställer till med problem så man inte kan göra saker som man har tänkt sig.

En arkitekt konstaterade vidare att man lättare kan visualisera problem när man har en modell i tre dimensioner. Man ska i och för sig redan nu under projekteringen försöka förutse hinder och problem som kan medföra säkerhetsrisker. Men har man en 3D-modell blir det lättare att se hur det ser ut framför sig. Man måste med andra ord försöka tidigarelägga säkerhetsarbetet ännu mer, så det handlar bara om att lägga mer energi på det.

### **4.3 Vad tycker "BIM-entusiasterna"?**

Ytterligare en källa för datainsamlingen var OpenBIM's diskussionsgrupp på LinkedIn. Linked In kanske är det mest kända sociala forumet på Internet när det gäller att underhålla och bygga professionella nätverk. Våren 2011 initierade OpenBim en diskussionsgrupp på Linked In dit man kunde anmäla sig om man var intresserad av frågor som rör BIM. OpenBIM är ett sektorgemensamt treårigt utvecklingsprogram som pågick under åren 2009-2011. Programmet bedrevs och finansierades av intressenter inom byggbranschen som aktivt engageras i projekt, workshops och seminarier. I maj 2011 ombildades OpenBIM till en



ideell förening, med samma verksamhet som det tidigare tidsbegränsade projektet. OpenBIM's vision är att ha:

*”Fokus på slutprodukten – effektiviserade processer i alla led – utvecklande konkurrens från en gemensam IT-plattform”.*

Vidare vill man uppnå:

*”En satsning där ömsesidig förståelse hos de olika aktörerna och branschgemensamma definitioner är ledord i processutvecklingen, och där BIM (ByggnadsInformationsModeller) används som verktyg för att effektivisera processerna i stor skala.*

I slutet av 2012 hade OpenBIM's diskussionsgrupp på LinkedIn ca 450 medlemmar och totalt hade drygt 40 stycken diskussionstrådar startats sedan våren 2011. Mot bakgrund av detta ställdes följande fråga:

*”Vi skulle gärna vilja ha lite respons på hur ett bra arbetsmiljöarbete med hjälp av BIM skulle kunna se ut i projekteringsskedet med de förutsättningar som finns idag? T ex, vilken information skulle man vilja ha och när skulle man vilja ha den?”*

Frågeställningen genererade sex stycken kommentarer vilket får anses vara en relativt normal nivå när det gäller områden där forummedlemmarna själva kanske inte i så hög grad har upplevt problemet i sitt eget yrkesutövande.

En kommentator såg flera möjliga tillämpningar men hoppades framförallt att man genom BIM-användningen kan få fokus på arbetsmiljön redan i de tidiga skedena. En av de positiva konsekvenserna skulle då vara att bland annat "byggbarhet" blir en faktor som får ta större plats i projekteringen. Dvs. att man redan i projekteringen tänker igenom, att hur det ska byggas och installeras. Detta skulle kunna göras genom att man modellerar upp vissa kritiska arbetsmoment med t ex ställningar, formar, skydd och liknade för att sedan simulera hur arbetet ska löpa. En av kommentatorerna konstaterade att detta var en tillämpning som man redan idag gör i vissa projekt på ett övergripande plan. Vidare framkommer en annan mycket intressant synpunkt. Nämligen att BIM skulle kunna användas till att koppla samman en viss designlösning och de ekonomiska konsekvenser denna designlösning får för olika typer av säkerhetsarrangemang underbyggprocessen. T ex hur mycket fallskydd och säkerhetslösningar kommer olika designlösningar att generera? Den här tankegången skulle å ena sidan kunna ses som att olika säkerhetsarrangemang genererar kostnader i produktionen.



Men å andra sidan, denna tankegång är också ett uttryck för ett betydligt intressantare perspektiv, nämligen att mindre genomtänkta designlösningar skapar potentiellt osäkrare arbetsplatser och därmed ökade kostnader för olika typer av säkerhetsarrangemang. En ytterligare tillämpning där BIM kan vara intressant att använda för att kunna skapa en säkrare arbetsmiljö är att lägga in säkerhetszoner och montagezoner i modellen. Kommentatorn vet att vissa använder sig av denna tillämpning redan idag, men att användningen av tillämpningen borde ökas. Rent konkret innebär detta att man har en zon runt objekten där man inte får modellera in något annat, till exempel runt avstängningsventiler så att man kan skall kunna manövrera dem. Denna tillämpning med zoner runt objekten är också något som också kan göras i installationsfasen, t ex att man får in fingrarna mellan rören eller armeringen för att få den på plats.

När det gäller installationer och en säkrare arbetsmiljö ser även utrustningsleverantörerna en klar koppling mellan BIM och en bättre och säkrare arbetsmiljö. T ex arbetar redan idag vissa utrustningsleverantörer med att lägga in information i BIM-objekt. En första tillämpning som man ser från leverantörssidan är att man kan lägga information om att en produkt är godkänd i t ex Basta, Sunda hus eller byggvarubedömningen. Detta innebär i sin tur att informationen blir direkt tillgänglig för projektörer och slutkunder som då inte behöver söka information om en produkt är miljögodkänd eller ej eftersom denna information finns i modellen.

En lite större utmaning som en utrustningsleverantör ser, men som man även ser en stor nytta i, är t ex i att projektera installationsupphängningarna. En representant för en utrustningsleverantör säger att det är en sak om man projekterar rör, ventilation och el så ska montören kunna hänga upp utrustningen. Men om man inte tar hänsyn till det som installationerna hänger i så kanske det fortfarande finns ett problem. Med hjälp av BIM-lösningar skulle man även kunna se var upphängningarna så att säga är i vägen för varandra och då kan man ta hänsyn till detta i den fortsatta projekteringen. Representanten för utrustningsleverantören funderar vidare på varför varje disciplin ska hänga upp sina saker i egna system när man kan samordna det till en och samma upphängning. Avslutningsvis konstaterar representanten för utrustningsleverantören att deras utmaning ligger i att förse projektörer med enkla verktyg och metoder för att kunna projektera på ett pålitligt sätt, verktygen finns redan, men den stora insatsen blir att informera och utbilda.



## 5. En modellbaserad projekteringsprocess att stödja en säkrare byggarbetsplats

*Byggnadsinformationsmodellering, BIM, är ett vedertaget begrepp för objektsorienterad 3D CAD-projektering. En annan mer generell benämning på BIM är Virtuellt Byggande.*

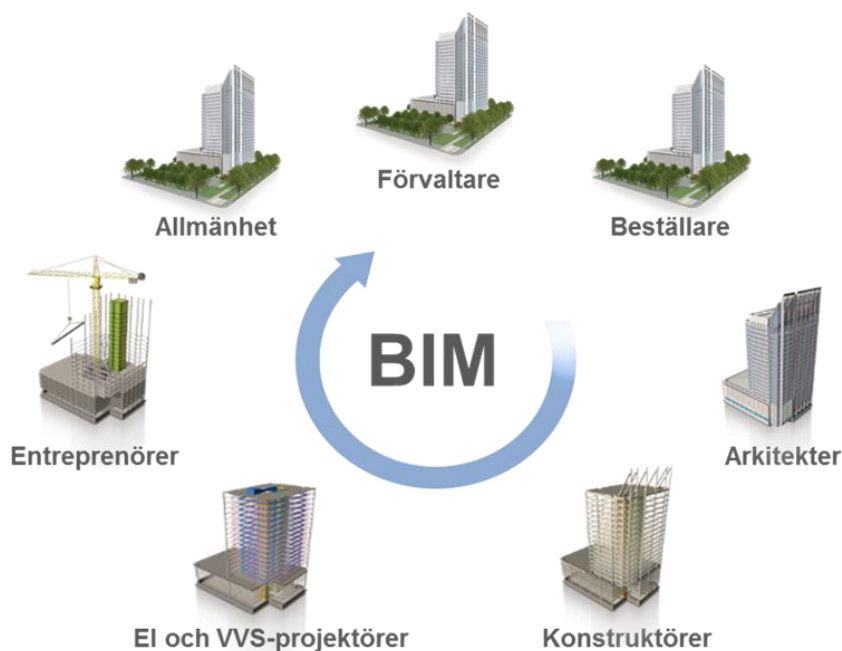
### 5.1 BIM som informationsbärare

Man kan beskriva BIM som en informationsbärare som medger en digitalisering med övergång från streck till virtuella modeller och därmed en övergång från dokument till databaser. Den formar en digital representation av en anläggnings fysiska och funktionella egenskaper – en gemensam källa för information om en anläggning som används för beslutsfattande genom hela dess livscykel, från tidig planering till rivning (National BIM Standard - United States, 2012).

Tekniskt så kan modellerna beskrivas som parametriska objekt med tillhörande egenskaper och relationer mellan objekt. Objektbibliotek eller produktkataloger stödjer repetitiva fördelar. Detta betyder då att en BIM innehåller betydligt mer än konstruktionens geometriska representation, 3D CAD, dvs. också icke-geometrisk information, t ex underlag för analyser, driftinformation, eller materialdata. Eastman et al (2008) karakteriserar dessa objekt som intelligenta digitala representationer som kan associeras med beräkningsbar data- och grafikattribut samt parametriska regler.

### 5.2 BIM för samverkan mellan aktörer

Tanken är att information skapas, förvaltas och förädlas under hela processen för att förhindra extraarbete och förlust av information. Alla parter som deltar i ett byggprojekt ska på ett eller annat sätt kunna utgå ifrån samma databas.



*Figur 1. NCC Virtuellt Byggandes bild av BIM – en möjliggörare för samverkan och transparens.*

Ett flertal aktörer bidrar med underlag till modellen genom byggprocessen (se Figur 1). Kort beskrivet så inleds projekteringskedet med att arkitekten skapar en modell utifrån beställarens krav och mål. Denna modell ligger sedan till grund för konstruktören som utför beräkningar och bidrar med konstruktionslösningar. Därefter adderas modellen installationer anpassade till konstruktionslösningarna från el- och VVS-ingenjörer. Detta är en delvis iterativ process som gynnas av byggherre som intar en aktiv roll som kravställare och beställare genom projekteringen. Slutligen så har man nog med underlag för produktion – en modell som vidare uppdateras och redigeras under produktionen (Dehlin och Fredhsdotter, 2011).

Då modellen är projektgemensam blir ändringarna tillgängliga för alla aktörer vilket underlättar kommunikation och samordning. Den slutliga modellen (motvarande relationshandlingar) kompletteras med underlag för drift till en förvaltningsmodell som uppdateras kontinuerligt under livscykel.

Modelleringen handlar objektorienterad projektering, dvs. mer om process och teknik för att producera, kommunicera och nyttja dessa modeller. Då BIM handlar om samverkan och gemensamt fokus så är det väsentligt att tidigt fastställa vilket behov man skall uppfylla och roll- och ansvarsfördelning hos inblandade



aktörer. Grundläggande handlar det om inblandandes inställning men också att bekräfta och klargöra denna samt konsekvenser i projekt – inte minst ekonomiska – t ex i kontrakt (Dehlin och Fredhsdotter, 2011). Det är dock viktigt att understryka att en genomgripande övergång medför också en genomgripande förändring av processer, arbetsmetoder, roller och ansvar.

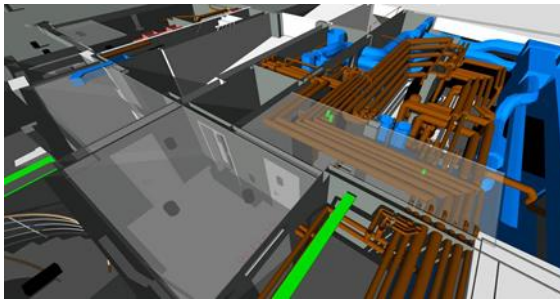
Användandet av BIM medför en effektivisering av byggprocessen främst genom ökad samverkan och transparens av information. Alla partner har tillgång till rätt och nödvändig information genom hela byggprocessen. Samordningsvinsterna ökar och man får färre fel och upprepningar i informationsskapandet genom både projekteringen som produktionen. Man får ett bättre planerat och därför billigare och mer effektivt byggande under en kortare tid. Produktiviteten ökar liksom kvaliteten.

Trots de sista årens snabba utveckling med att implementera BIM i byggprocessen så ser vi idag en begränsad användning. Användning av BIM i byggprocessen omfattar idag främst underlag till 2D CAD-ritningar som senare kompletteras med beskrivningar och förteckningar, samgranskningsmodeller i 3D, samordning, mängdavgivning och visualisering. Utveckling går också mot arbetsplatsdispositionsplaner (APD), simulering av tidplanen och dess aktiviteter samt laserskanning.

### 5.3 BIM i produktionsskedet

BIM utvecklas nu från att hanteras i en kontorsmiljö mot användning på byggarbetsplats. Möjligheten att använda BIM för att beskriva byggprojekt i produktionsskedet öppnar upp för många möjligheter att stödja säkerhetsarbetet och minska antalet olyckor, genom t ex (Figur 2):

- Effektiv oberoende granskning, samgranskning och kollisionstroll
- Lättare samordning av projektdeltagare och aktiviteter
- Bättre förståelse och tydligare detaljer
- Komplexa situationer och tillgänglighet blir enklare att utvärdera
- Man kan lättare spåra och följa upp byggobjekt som kan ha påverkan på säkerheten
- Man kan använda en s.k. skärmdump eller låsta vyer i kombination med anteckningar i modellen som tillägg till protokoll



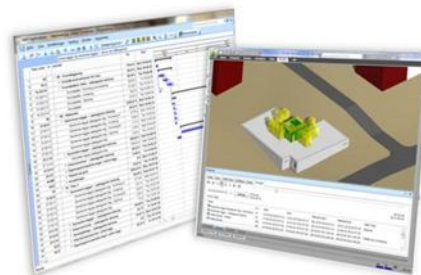
Samordning



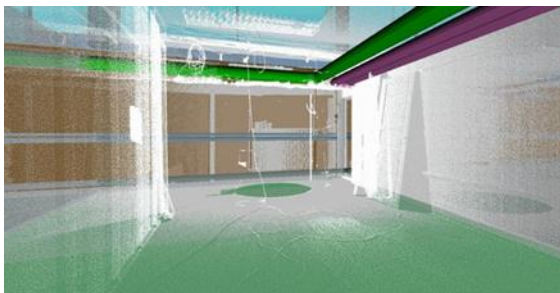
Mängdavgtagning



APD planering



Produktionsplanering



Laserskanning



Armering i 3D

*Figur 2. Olika exempel på användningsområden av BIM från NCC Virtuellt Byggande*

SBUF-projektet "BIM på bygget – en förstudie" (SBUF 12151) från 2010 sökte att identifiera störst nytta för BIM i produktionen. Projektet sammanfattar att störst fördelar tros finnas inom visualisering, mängdavgtagning och förenklad utsättning. Vad avser visualisering så kommer fördelarna främst från förbättrad kommunikation och förståelse. Mängdavgtagning är beroende av att modellerna är produktionsanpassade samt att det finnas en tydlig koppling mellan vilka mängder som avses och vad dessa omfattar rent grafiskt. Här gäller det att ställa tydliga krav på detaljeringsgrad samt hur de olika byggnadsdelarna modelleras och namnges. Vad det gäller förenklad utsättning så omfattade det främst enklare former av måttsättning. Det är också möjligt att extrahera specifika punkters



x-, y-, och z-koordinater att importera till totalstation.

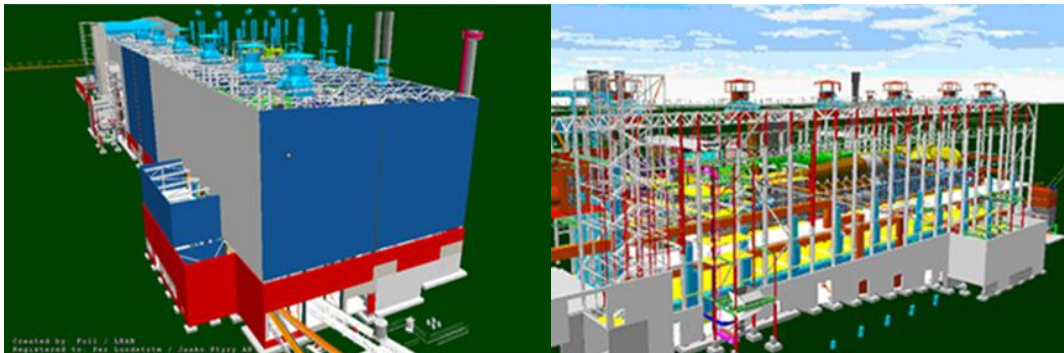
Rapporten ”BIM för byggmästare” (Brohn m fl, 2010) levererar en BIM-handbok som fokuserar på byggmästarens upphandling av konsulter samt projekteringsledning och produktion för nybyggnad av bostäder, men är också, genom sina praktiska exempel, tillämpligt på andra typer av projekt. Projektet sammanfattar att ”en av de främsta nyttorna med BIM i produktionsskedet är att det är ett mycket bra kommunikationsverktyg som överbrygger brister i att läsa och tolka ritningar. Alla inblandade i processen, hantverkare såväl som projektledning, får en mycket klar bild av utformning och kan tidigt se kollisioner, mindre bra lösningar, samt mycket annat”. Även detta projekt nämner nyttor i mängdavgivning och utsättning samt även kalkylering, produktionsberedning och planering, och stöd i upphandling av underentreprenör.

Ser man specifikt på säkerhetsarbetet så kan BIM med gemensam projektdata bidra till stöd för ett mer systematiskt arbetsmiljöarbete med start i projekteringsskedet.

#### **5.4 LKABs bygge av MK3 som tidigt exempel på användning av modellbaserad planering av byggproduktion med systematiskt säkerhetsarbete**

Ett tidigt praktiskt exempel på omfattande användning av 3D-objekt från projektering i byggproduktion samt drift var i byggandet av LKABs kulsinterverk MK3 i Gällivare 2004-2006, Figur 3 och 4.

LKAB insåg tidigt i förprojekteringen att om de ville ha stor och komplicerad anläggning färdig för drift inom en kort tidsperiod (det blev 2 år från beslut till färdig anläggning) så krävs det effektiv samverkan och transparens mellan alla inblandade parter.



*Figurer 3 och 4. En digital mock-up använd i byggandet av kulsinterverket MK3 (LKAB). Informationen samlades från alla delar av projekteringen - Bygg, Mek, Rör, Luft, El & Styr – och uppdaterades kontinuerligt. Olika vyer av information skapades för olika syften, t ex planering och arbetsberedning av arbetsmoment på byggarbetsplats.*

Man valde att skapa all projektering i 3D CAD och integrera denna information i s.k. digitala mock-ups som instrument för kommunikation och samverkan för att kunna utforma slutprodukten (här: anläggningen) utifrån funktion, underhåll och arbetsmiljö samt skapa ett effektivt genomförande av projekteringen.

Man insåg dessutom att en kort ledtid krävde välplanerade aktiviteter i produktionsprocessen. Så det man gjorde var att under projekteringen skapa olika vyer med aktuell och precis sammansättning av information av det gemensamma 3D-underlaget för att i samverkan i granskningsmöten gå igenom olika delar av den framtida byggnaden samt simulera arbetsmoment. Upptäckta fel och brister i projekteringen med avseende på säkerhetsaspekter i produktion samt drift identifierades, hanterades och följdes upp vid nästa granskningsmöte. På så kunde man skapa en tydlig bas för kommunikation med produktionspersonalen om deras framtida arbete samt hitta speciellt kritiska moment eller tekniska lösningar. Efteråt så bekräftades att användandet av digitala mock-ups i projekteringsprocessen hade varit till stor hjälp för att tidigt identifiera och åtgärda risker och osäkerheter i produktionen, speciellt med tanke på projektets snäva tidsram.

### *BIM för ökad säkerhet på bygget*

Det finns många sätt att nyttja BIM för att beakta arbetsmiljöaspekter: vid projektering, att undvika risker i byggskede, samt undvika risker i brukarskedet. Förutsättningar för att bättra säkerhet på byggarbetsplatsen kommer från:

**Visuell planering** av arbetsplats och dess aktiviteter. Med avseende på säkerhet så avser detta okulär utvärdering av situationer som kan medföra en risk, till exempel internlogistik såsom betongtransporter, öppna schakt eller uppstickande armering. Man kan antingen studera olika delar av konstruktionen – vända och vrida – eller simulera en passage på bygget och navigera sig fram i realtid. Ofta sker detta i grupp i samgranskningar och inkluderar indata från flera teknikområden. Användarna kan markera områden av intresse i modellen, lägga till anteckningar, skapa hyperlänkar eller generera skärmdumpar.

**Visuell simulering** låter användaren efterlika och testa olika framtida situationer som kan uppkomma på arbetsplats via animering eller förinställda rörelser hos objekt i modellen, till exempel kranens räckvidd och synfält mot avlastning av inkommande last. Animeringen kan utvärderas direkt eller exporteras som ”film” eller skärmdumpar.

**4D modellering** länkar ihop CAD objekt med projektets tidplan för att användas till produktionsplanering. Konstruktionens uppförande kan simuleras genom ett tidsflöde vilket förmedlar en tydlig och lättförståelig bild över projektets tidplan att delge andra aktörer information om planering och projekttidplanen som i sin tur kan användas för att gå igenom olika säkerhetsrelaterade situationer.

**Visuell kommunikation och samordning** kan innebära att förmedla geometrisk information gentemot verksamhet och egna organisationen och/eller samordna olika typer av verksamhet på arbetsplatsen. Den största vinsten här är den ökade förståelsen.

**Information från icke-grafisk data** kopplas till CAD objekten i form av dess egenskaper eller via externa listor i databaser som länkas till via objektets id. Denna information kan omfatta i princip vad som helst som kan relateras till säkerhetsaspekter, t ex byggdelarnas fysiska attribut eller egenskaper, kopplingar dem emellan, befintliga förhållanden, projekterade förhållanden, anvisningar för hantering eller kombinationer av ovanstående.

Dessutom så underlättar BIM informationsöverföring mellan system och aktörer genom att detta sker digitalt vilket därmed minskar risken för överföringsfel som kan ske vid manuell överföring.

### 5.5 BIM-projektering som stöd för systematiskt arbetsmiljöarbete

En arbetsmiljö där ingen skadas i sitt arbete är det självklara målet för byggbranschen. En viktig del i detta är att med förebyggande arbete tidigt eliminera risken att drabbas av arbetsolycka.

Som också diskuterat i kapitel 2 så är det enligt Arbetsmiljölagen arbetsgivarens ansvar att vidta alla åtgärder som krävs för att förebygga att arbetstagaren utsätts för ohälsa eller olycksfall. För att underlätta detta bör arbetsmiljöarbetet integreras i det dagliga arbetet och planeras tillsammans med övrig verksamhet i ett längre perspektiv. Detta beskrivs närmare för både små och stora företag i *Föreskriften om systematiskt arbetsmiljöarbete*, AFS 2001:1 (se också kapitel 2).

Vad gäller projekteringsskedet så skall både byggherre och projektörer se till att arbetsmiljösynpunkter beaktas, avseende såväl byggskedet som det framtida brukandet (AML 3:14). Byggherre och projektörer har ansvar för:

- Att projekteringen möjliggör en god arbetsmiljö under brukande, drift och underhåll, under hela den förutsägbara brukstiden. (AFS 2000:42)
- Att beakta arbetsmiljösynpunkter under byggskedet. (AFS 1999:3)
- Att förebygga farliga och olämpliga fysiska belastningar under bygg- och bruksskedena. (AFS 1998:1)

*Figur 5. Arbetsmiljöverket: Ett systematiskt arbetsmiljöarbete (SAM) säkrar att arbetsmiljöfrågorna blir en naturlig del av verksamheten*



Arbetsmiljöverkets föreskrift om systematiskt arbetsmiljöarbete beskrivs proceduren i fyra delar: undersökning, riskbedömning, åtgärder och kontroll, se Figur 5. Aktuellt projekt ser motsvarande fyra huvudspår för BIM att stödja detta systematiska arbetsmiljöarbete i projekteringen.

### 5.5.1 Undersökning

Undersökning av olika förslag eller val av konstruktionslösningar eller arbetsplatsutformning i syfte att identifiera potentiella risker eller för prevention av risker. Här används BIM som främst ett visuellt verktyg till att presentera olika alternativ till säkerhetsgranskning och samverkan i projekteringskedet eller inför planering av arbetsplats, så kallad APD-planering.

#### Arbetsmiljöplan – exempel på risker på byggarbetsplats att ta i beaktande

##### Fallrisk (fallhöjd större än 2 m) vid t.ex:

Takarbete  
Takkantsarbete  
Fasadarbete  
Vägg-/valvform  
Hål/öppningar  
Hisschakt  
Rörschakt  
Brobyggnad

##### Geoteknik och schaktning:

Schaktdjup större än 1,5 m?  
Jordart?  
Djup till grundvattenyta?

##### Kemiska och biologiska risker, t.ex:

Härdplast  
Asbest  
Kvarts  
Lösningsmedel  
Biologiska ämnen

##### Joniserande strålning

##### Högsämningsrisk

##### Drunkningsrisk

##### Tunnelarbete

##### Dykarbete

##### Kassunarbete

##### Sprängning

##### Arbete med tunga element, t.ex:

Lansering  
Prefabricerad betong  
Prefabricerat stål  
Kombination av stål/betong  
Färdiga trätakstolar  
Prefabricerade element av trä  
Tunga formar

##### Arbete på väg vid passerande fordonstrafik

##### Rivning

Att projektera i BIM förutsätter att man tidigarelägger en del konstruktionsrelaterade beslut. Beslut som också senare kan komma att påverka arbetsmiljön. Detta medför å andra sidan också att aktörer såsom BAS-P, arbetsmiljöingenjörer, skyddsombud med flera, får möjlighet att tidigare involveras i projekteringen i uppgift att påbörja arbetsmiljöplan och riskanalys i syfte att beakta arbetsmiljöaspekter och påverka konstruktionen och arbetsmiljöns utformning. Man kan tidigare och, utifrån ett mer ”kommunikativt” projekteringsunderlag i BIM (jämfört med 2D CAD och dokument) identifiera potentiella risker och med BIM-underlaget mer specifikt bedöma dessa och besluta om vilka man skall gå vidare med och hantera med åtgärder.

Nedan återges ett exempel (se Figur 6) på hur NCC Virtuellt Byggande har skapat en virtuell APD-plan där användaren redan i projekteringskedet kan pröva olika alternativa etableringar och lösningar för t ex intern logistik i syfte att skapa en bra grund för arbetsmiljö. Vanligen sker detta i anslutning med att man börjar arbeta med Arbetsmiljöplanen. Detta betyder då att det antagligen finns en del grundläggande CAD-underlag i t ex ett förfrågningsunderlag samt att man vet en del om markområdet och detaljplanen.

Då det ofta är svårt att helt kunna basera en virtuell modell på CAD-underlag från projekteringen dels på grund av att så får man komplettera med grafisk information. Det kan också vara så att det endast finns ett 2D CAD-underlag vilket då leder till att hela den virtuella modellen med geometrisk och icke-geometrisk data måste skapas från grunden.



Figur 6. Virtuell APD plan konstruerad av NCC Virtuellt Byggande.

### 5.5.2 Riskbedömning

Riskbedömning innebär att man gör en bedömning av existerande och potentiella risker. Vanligtvis så utförs detta direkt på arbetsplats genom skyddsronder av arbetsgivare och skyddsombud som tar stöd från en checklista som innehåller ett antal kontrollfrågor om olika riskmoment.

Även om förutsättningarna att bedöma potentiella risker har utvecklats i och med BIM så kvarstår vad man skall ta i beaktande inför en potentiell risk, såsom (exempel från Arbetsmiljöverkets vägledning för undersökning och riskbedömning i systematiskt arbetsmiljöarbete):





- Hur troligt är det att något ska hända?
- Kan en eller flera arbetstagarer utsättas för risker?
- Vid vilka arbetsmoment är riskerna särskilt stora?
- Hur ofta är arbetstagarna utsatta för riskerna?
- Hur länge är de utsatta?
- Vilken slags ohälsa eller vilket olycksfall kan inträffa?
- Hur allvarlig kan skadan bli?
- Hur utförs liknande arbete på andra arbetsplatser?

Inte bara kan man med ett BIM-underlag tidigare påverka konstruktionen och miljöns utformning utifrån säkerhetsrelaterade aspekter och tidigt identifiera potentiella risker (se tidigare rubrik) utan man kan också med olika metoder mer specifikt analysera och bedöma dessa ur ett produktions- och brukarperspektiv och besluta om vilka man skall hantera med åtgärder:

- Förhandsgranskning och analys av potentiella risker utifrån grafisk och icke-grafisk data.
- Automatisk samordning och validering av BIM-modell med indata från en eller flera teknikområden med hjälp av så kallade ”*model checkers*”. Kontroll och analys av modell utifrån säkerhetsrelaterade funktions- och tekniska krav (eller ”regler”)

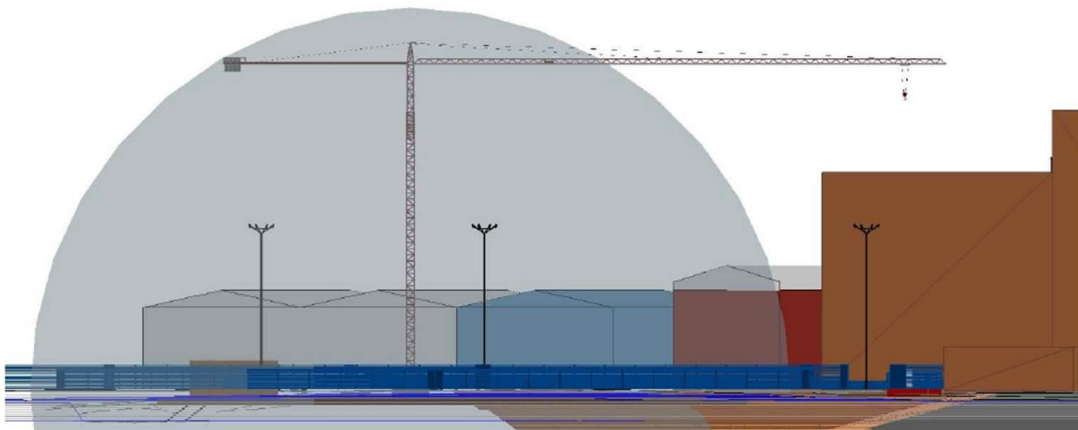
Med efterföljande,

- Kontinuerlig dokumentation av det systematiska arbetsmiljöarbetet (risker och relaterade analyser och bedömningar)
- Uppdatering av BIM-modell med geometrisk och icke-geometrisk data
- Dokumentation för erfarenhetsåterföring samt dokumentation mot brukarskedet

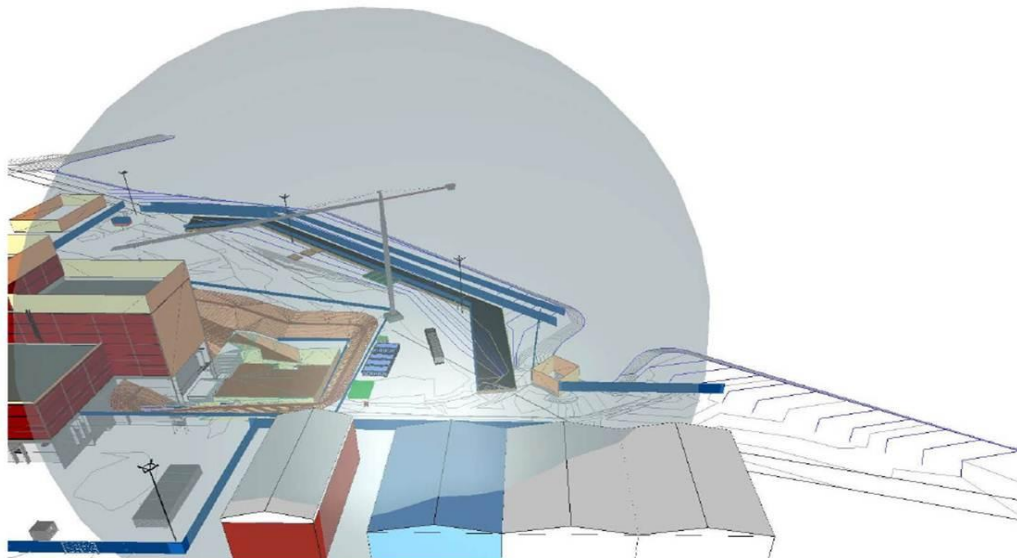
Exempel på hur man med BIM kan simulera och bedöma en riskzon och potentiell olycka redovisas i VTT rapporten ”BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction” från TurvaBIM projektet (Kiviniemi m fl, 2011) (också nämnd i kapitel 3): Projektet simulerar kranrörelse och kapacitet med hjälp av en 3D modell (Sulankivi m fl, 2009), se Figur 7. Olyckspektiv prövades med att visualisera ”olyckszon” (Figur 8) samt en krankollaps i syfte att utreda behov av begränsning av kranens arbetsområde (Figur 9).



Figur 7. Visualisering av kranens arbetsområde (Sulankivimt m fl, 2009)



Figur 8. Visualisering av potentiell olyckszon (Kiviniemi m fl, 2011)



Figur 9. Simulering av krankollaps (Kiviniemi m fl, 2011)

### 5.5.3 Åtgärder

När man bedömt vilka risker som behöver åtgärdas bör man i första hand försöka ”projektera bort” själva riskkällan. När det inte går att få bort risken så kan man i andra hand försöka minimera den och om det inte går så måste man vidta andra åtgärder i förebyggande syfte. Speciell handlingsplan skapas för de risker som man inte kan åtgärda direkt.

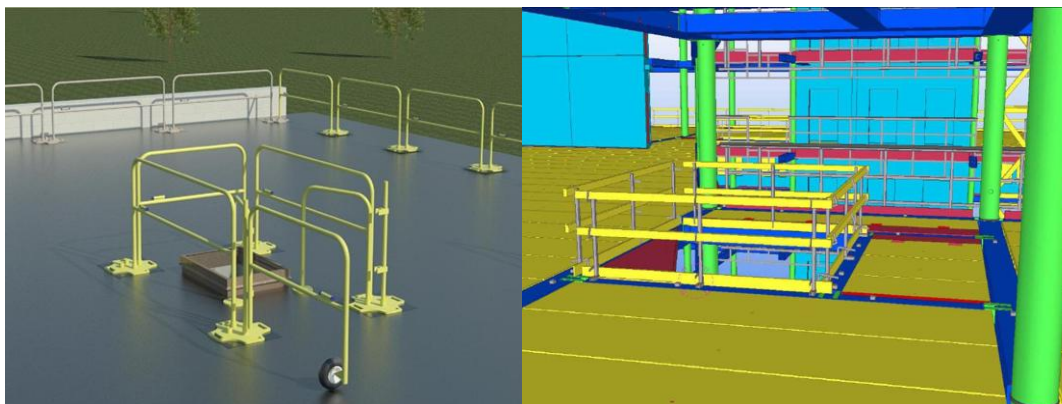
Exempel på förebyggande åtgärder kan vara att förbereda material och särskilda arbetsinstruktioner som kan handleda utförande på arbetsplats. Ser man på en konkret och typiskt situation som ofta genererar ett riskmoment såsom fallrisk så kan man med en BIM planera och modeller nödvändig skyddsutrustning – detaljer om produkten, hur och var man monterar den och hur många det behövs. Till geometrisk data kan man också länka annan relevant information om t ex maxbelastning, mått och vikt samt information om tillverkare.

I Skanskas SBUF projekt ”K1 – en ritning för ökad säkerhet på byggarbetsplatsen” (Holm m fl, 2012) föreslår man att skapa en separat ”säkerhetsritning”, eller modell, se Figur 10, där man i modellen markerar plats för risk och sedan länkar sedan till ytterligare relaterad information om risken och relaterade föreslagna åtgärder. Fördelen med detta tillvägagångssätt är att man får en tydlig visuell bild av situationen på bygget och inte blir överöst med information. Detta är speciellt användbart vid t ex samgranskningar och säkerhetsgenomgångar.



*Figur 10. Exempel från Skanskas SBUF projekt "K1 – en ritning för ökad säkerhet på byggarbetsplatsen" (SBUF 12589; Holm m fl, 2012) där man med BIM visualiserar plats för risk för att sedan länka till relaterad information om t ex föreslagna åtgärder*

Med Skanskas exempel ovan så tar man ett naturligt steg mot att utveckla BIM modeller med säkerhetsrelaterad data. Redan idag finns det färdiga objekt från olika leverantörer som kan implementeras i BIM-modellen, se till exempel Figur 11 nedan som visar ett temporärt skyddsräcke från *Garlock Safety System*. Det finns också färdiga objekt i BIM-programvaror i så kallade objektbibliotek såsom hos Tekla (se Figur 12), till att använda för att modellera *åtgärder* vid risk-situationer



*Figur 11. Exempel på BIM objekt före-  
ställande ett temporärt skyddsräcke från  
Garlock Safety Systems, färdigt att ladda  
ner från leverantör*

*Figur 12. Exempel på färdiga BIM objekt i  
BIM-programvara Tekla för att hantera en  
fallrisk ([www.tekla.com](http://www.tekla.com))*

Flera av dessa objektbibliotek är dock programspecifika vilket medför begränsning i användning och spridning. Exempel på det är parametriska GDL-objekt som omfattar både geometrisk som icke-geometrisk data och som används i ArchiCAD.

Att använda BIM underlättar också att pröva olika åtgärder att analysera och begränsa riskmoment och att kommunicera resultat vidare till produktionspersonal och personal involverad i säkerhetsarbetet. Användning av särskilda hjälpmedel eller säkerhetsattiraljer kan simuleras och läras ut. Resultatet dokumenteras för vidare uppföljning med koppling till handlingsplan.

BIM-underlaget kan därför också ingå i den Arbetsmiljöplan BAS-P i samråd överlämnar till BAS-U för vidare användning under byggskedet att vidare ”undersöka, genomföra och följa upp verksamheten på ett sådant sätt att ohälsa och olycksfall i arbetet förebyggs och en tillfredsställande arbetsmiljö uppnås” (Systematiskt arbetsmiljöarbete, AFS 2001:1), inkluderande:

- Regler som skall tillämpas på byggarbetsplatsen
- Beskrivning av hur arbetsmiljöarbetet ska organiseras
- Beskrivning av arbetsmiljöåtgärder

### 5.5.4 Kontroll

Även efter det att man har beslutat om åtgärder för de risker man inte direkt kan hantera och upprättat motsvarande handlingsplan så fortsätter arbetet med upp-

dateringar, analys av risker samt anpassning till dess att arbetsplats upprättats. Kontinuerligt så kontrolleras åtgärder som genomförs för att analysera om resultatet blev som planerat och för beslut om ytterligare åtgärder behövs och kontinuerligt så uppdateras motsvarande BIM underlag som stödjer arbetsmiljöarbetet. Vidare geometrisk och icke-geometriskt underlag tas fram i syfte att användas i produktionsfasen och för att förbereda modellbaserade relationshandlingar för drift och skötsel med hänsyn till arbetsmiljö.

Generellt gäller att man utvecklar BIM-underlaget mot en så nära produktionsmodell som möjligt även om visst underlag kan ”brytas ut” i tidigt skede till att användas som i driftskedet. Modellbaserat underlag för ”kontroll” skall kunna utformas så att de kan användas till visualiseringar och andra former av analyser för beställare, byggarbetsmiljösamordnare, projektörer, m fl. Icke-geometriskt underlag som kräver uppdateringar placeras helst externt, med länk till relevanta objekt.

## 5.6 Modellfiler

### 5.6.1 Kategorisering

Ett modellbaserat underlag består av olika dokumentklasser som utgör olika delmängder att nyttja för olika yrkeskategorier och syften. Kategorisering av dessa ger:

- Modellfil – geometrisk/grafisk beskrivning i 2D eller 3D av byggnadsdel
- Objektorienterad modell – en objektorienterad modell som förutom en geometrisk del också innehåller information om objektets fysiska värden

Tillkommer också ritningar med tillhörande fil som kopplar ihop modellfiler med stämpel och ram (ritdef) samt andra komplementfiler.

### 5.6.2 Identifiering

Objekt i modellen identifieras genom ett unikt ID, en kod, eller ett littera. Objektens struktur utgörs av parametrar som beskriver fysiska attribut såsom längd, höjd, area, volym, material, egenskaper, m.m., samt dess läge och vad objektet representerar. Grafisk data, CAD, som skapas i BIM-programvaror, länkar via objektens egenskaper till icke-grafisk information som kan lagras utanför aktuellt CAD-program och som kan nås med andra specialiserade programvaror för t ex analys eller simulering.



### 5.6.3 Placering

Innehållet som utgör modellerna och som beskriver en viss konstruktion samt dess omgivning och byggprocess är omfattande. Olika delar av informationen hanteras av olika discipliner och används för olika syften. Hur informationen skapas, används och förvaltas förändras genom byggprocessen. Ett exempel på hur man hanterar arbetsmiljöfrågor genom byggprocessen kan vara när man tidigt med modell och beskrivningar projekterar in placering av installationer såsom luftkonditionering så att man kan utföra montage (produktion) och underhåll (drift) med minimal fallrisk.

Vanligtvis så lagras information om identifikation och geometri i 3D modellen och byggdelsegenskaper och rumsbeskrivning i listor. Främsta anledningen till att separerar dessa informationsmängder är att underlätta för uppdatering. Exempel på informationsplacering genom projektering, produktion och förvaltning (anpassat efter Ask m fl, 2012):

Information	Projektering	Produktion	Drift	Förklaring
Areor, volymer, etc	3D-modell	3D-modell	3D-modell	Areor och volymer förändras om 3D objekt ändras
ID, kod, eller littera	3D-modell	3D-modell	3D-modell	Gör CAD-objekt unikt och möjliggör koppling till andra datamängder.
Byggdelsegenskaper	3D-modell/ listor	3D-modell/ listor	Listor	Lagras vanligtvis separat från CAD-modell för att underlätta uppdatering
Rumsbeskrivning	3D-modell/ listor	3D-modell/ listor	3D modell/ listor	Lagras vanligtvis separat från CAD-modell för att underlätta uppdatering

### 5.6.4 Överföring

Olika CAD-program använder olika lokala format för att strukturera och spara ner information. Detta leder till att programvaror inte är kompatibla – de kan inte kommunicera med varandra och det är svårt att dela information. Lösningen är att skapa en projektspecifik plattform som kan hantera ett neutralt överföringsformat såsom IFC, XML eller DXF, eller en plattform som är specifikt för ett format som till exempel DWG (Eastman m fl, 2008):



IFC (Industry Foundation Classes)	XML (eXtensible Markup Language)
<p>IFC är ett "open source" filformat som inte ägs av en CAD-utvecklare utan är fritt att använda av alla aktörer på marknaden. Formatet utvecklas av intresseorganisationen buildingSMART utifrån grundidén att möjliggöra ett utbyte av information mellan olika CAD-, kalkyl-, tidsplanering och förvaltningsprogram. Data ska bara behöva stoppas in en gång av en aktör och följa med under hela byggprocessens livscykel. (Solibri Inc)</p>	<p>XML är en förlängning till HTML (webbens grundläggande språk) med skillnad att det kan fritt definiera objekt både till namn och till relationer. XML kan överföras, definieras och presenteras av ett stort antal filtyper. Det finns olika XML-format som strukturerar upp data på ett visst sätt för att sedan byta mellan olika applikationer (Eastman m fl, 2008).</p>
DWG (Drawing)	DXF (Data eXchange Format)
<p>DWG är fortfarande CAD-branschens marknadsledande filformat. DWG är standardformatet i det marknadsdominanta CAD-programmet AutoCAD (Autodesk) och stöds av de flesta CAD-program.</p>	<p>DXF-formatet skapades av Autodesk för att överföra geometrisk information till andra CAD-program som inte hanterar DWG-formatet. DXF-formatet lagrar och överför endast vektordata från en DWG-fil medan all annan data går förlorad. På grund av att BIM-modellerna blir mer och mer innehållsrika och innehåller objekt med komplex geometri som beror av varandra blir data sparad i DXF-formatet snabbt väldigt stor och omöjlig att använda (Eastman m fl, 2008).</p>

### 5.6.5 Olika typer av programvaror

Det finns idag en rad olika BIM-baserade programvaror med funktioner som kan tänkas vara användbart för att stödja en modellbaserad projektering mot en säkrare arbetsplats.

Exempel på typer av programvaror för detta syfte är (anpassat efter Kiviniemi m fl, 2011):

- 3D-modellering och visualisering





*Kommentar: verktyg för både modellering, rendering och visualisering samt även kontroll av modeller (s.k. model checkers). Ofta behöver man kommunicera modellerna vilket underlättar om man skapar en så verklighetstrogen modell som möjligt.*

- 3D-objektbibliotek  
*Kommentar: Fördefinierade objekt accelererar modelleringsarbetet avsevärt.*
- 4D-visualisering  
*Kommentar: Att kunna länka CAD-modell med projektets tidplan underlättar planering av arbetsmoment. Svårigheterna idag är dock att i tid koordinera indata från CAD och tidplan samt att strukturera den för kompatibilitet.*
- Riskanalys och säkerhetsgenomgång  
*Kommentar: En önskan för framtiden då det för närvarande finns få, om några, programvara som stödjer BIM-baserade risk- och säkerhetsanalyser.*
- Datakonvertering och överföring  
*Kommentar: Funktion att importera och exportera modeller och annan data. till exempel med hjälp av IFC-formatet.*

### 5.6.6 Exempel på BIM-programvaror

Exempel på programvaror som i föregående underkapitel kan kategoriseras som ”3D-modellering och visualiseringsverktyg” (inklusive s.k. *model checkers*) och som är intressant i att stödja planeringen mot en säkrare arbetsplats tidigt i byggprocessen är ArchiCAD, Tekla Structures, Google SketchUp, Navisworks och Solibri Model Checker. Dessa omfattar både byggkonstruktion som arkitekturprojektering samt sammanslagning av modeller från olika teknikområden för kontroll och samgranskning.

#### **ArchiCAD (Graphisoft)**

ArchiCAD är en BIM-programvara för objektbaserad 3D-projektering baserad på parametriska GDL-objekt. Stödjer visualisering, animering, viss 4D-funktionalitet samt är IFC-kompatibel.

#### **Tekla Structures (Tekla)**

Tekla Structures är en BIM-programvara för detaljerade och funktionella 3D-byggnadsmodeller som kan hantera en hög komplexitet speciellt för stål och betongkonstruktioner, också prefab. Programmet är IFC-kompatibelt.

#### **Google SketchUp (Google)**

Google SketchUp är ett förenklat 3D-modelleringsverktyg som främst används



för arkitektur och landskapsarkitektur men också för byggprojektering och VVS. SketchUp Pro kan importera och exportera filer från en rad andra 3D-modelleringsprogram och användas för att skapa underlag för visualiseringar.

### **Navisworks (Autodesk)**

Navisworks är ett verktyg för konstruktionskontroll och projektsamordning. Det samlar olika discipliners modellfiler till en gemensam modell för granskning genom visualisering, rendering och kollisionsdetektering. Navisworks som hanterar de flesta filformat stödjer också en 4D-funktionalitet genom att det kan länka modelldata till projektförteckningar och kostnader för att simulera och planera projektaktiviteter.

### **Solibri Model Checker**

Solibri Model Checker är ett program för sammanslagning av modeller, kollisions- och regelkontroll, analys och listning av egenskaper, mäta i 3D samt att kunna dokumentera bilder ur modellen. Erbjuder export genom IFC-formatet men saknar att effektivt länka i modellen (Ask m fl, 2012)

### **5.6.7 Samordning**

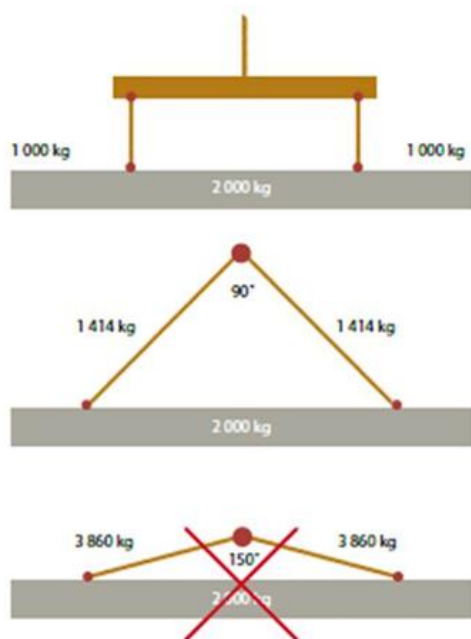
Vad gäller att utnyttja möjligheten att projektera i BIM så har byggherren fortfarande ansvar för val av projektörer ”så att projekteringen möjliggör en god arbetsmiljö” (enligt AFS 2000:42). Det vill säga, byggherren måste säkerställa att rätt BIM-kompetens finns hos aktuella projektörer. Och från projektets sida så finns det krav på enskilda projektörerna om hur de skapar sina modeller från till exempel projektets CAD PM. Men med tanke på att projektering i BIM är mer komplicerad och ställer högre krav på utförande och koordination än vid traditionell 2D CAD-projektering så ökar också behovet av att man tidigt kommunicerar ut vad som förväntas av projekteringen samt samordnar projekteringsarbetet i de olika teknikområdena.

Oavsett om BIM underlaget i projekteringen består av en gemensam databas eller data från flera olika databaser så måste det till stöd från en **modellsamordnare** (också kallad BIM-samordnare eller koordinator) som via stöddokument såsom BIM-manualer och kravspecifikationer hjälper projektörerna att på ett strukturerat sätt utbyta data samt att stödja leverans och mottagning vid nyttjande av BIM-underlaget för olika tillämpningsområden som till exempel samgranskningsmöten för att hantera arbetsmiljöaspekter. Modellsamordnaren skall också se till att rätt kvalitet i projekteringen uppnås genom projektets alla skeden.

### 5.7 Exempel på egenskaper med BIM att planera tungt lyft på arbetsplats

Det blir allt vanligare att bygga med prefabelement vilket leder till fler tunga lyft och därtill fler riskmoment. Vanligtvis produceras dessa element i en fabrik på annan plats eller i en provisorisk fabrik på byggarbetsplatsen. Efter tillverkning så mellanlagras elementen på fabrik för att sedan transporteras ut till byggarbetsplatsen för montering. En eller flera aktiviteter i denna process inkluderar lyft av elementet.

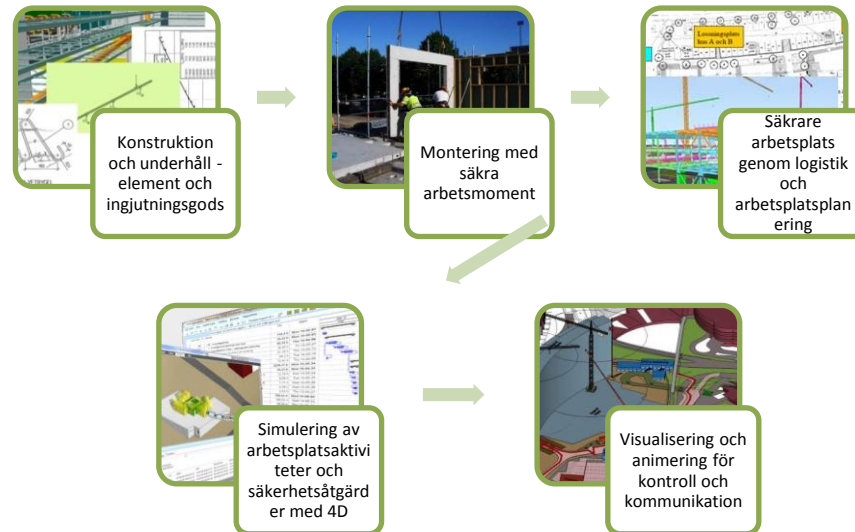
När produkten ska lyftas används olika redskap, t ex kätting, ställinor, ok och saxar, se Figur 13. Dessa är konstruerade för en viss maxlast som inte får överskridas. Det är av största vikt att lyftmomentet planeras och utförs med största möjliga säkerhetstänk.



Figur 13. Exempel på hjälpmedel för lyft av väggelement ur informationskrift från Betongvaruindustrin Samhällsbyggaren

Ser man på själva lyftmomentet, som ofta har en hög riskfaktor, så bidrar BIM-projektering med flera egenskaper som kan göra momentet säkrare.

Dessutom så ingår en rad förberedande och dokumenterande moment samt angränsande aktiviteter, som måste planeras och synkroniseras. Man kan till exempel inkludera nödvändiga anvisningar och underlag i BIM modellen till att säkerställa de tekniska förutsättningarna samt simulera arbetsmomentet för att säkerställa utförandet, se Figur 14.



Figur 14. Olika egenskaper från BIM-projektering att använda för att utföra ett tungt lyft på ett säkert och effektivt sätt

*Konstruktion och underhåll* – Modellbaserade tillverkningshandlingar inkluderande modeller beskrivningar, beräkningar, specifikationer och andra handlingar. Färdiga objekt från objektbibliotek med ingående beskrivningar. Utveckla konstruktionshandlingar och underlag för förtillverkning (prefab) med säkerhetsaspekter såsom ingjutningsgods. Denna del som påbörjas med att formulera säkerhetsrelaterade krav för projekteringen producerar: typ av säkerhetsutrustning, placering och kvantiteter. Denna del inkluderar också analys av lyftbelastning för dimensionering.

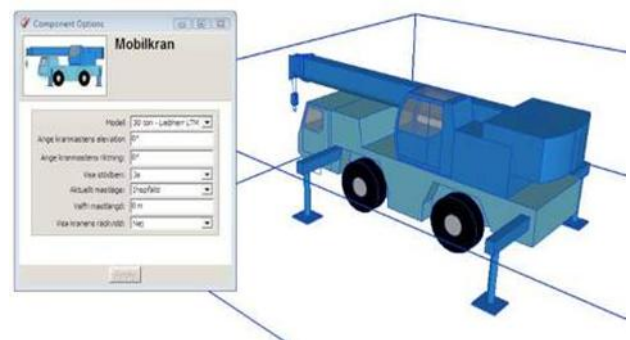
*Montering* – Planering av monteringsmomentet (se t ex Figur 15) inkluderande olika teknikområden och utförare, liknande samgransningsmöten. BIM stödjer kontroll, beslutsfattande och koordination - vem gör vad, när och hur (vilken ordning). Arbetet producerar underlag för utförande, tidplan och stödande dokumentation med avseende på riskanalys och säkerhet samt maskiner och lyftredskap.



Figur 15. Montage av prefabstomme till NCCs bygge av äldreboende i Vallda söder om Göteborg

Figur 16. Till höger – Färdigt objekt med egenskaper från objektbibliotek. Objektet innehåller viss dynamik och kan ändra struktur utifrån val i dialogruta.

*Logistik och arbetsplatsplanering* – APD- och TA-plan skapas i 3D för att kunna hanteras separat eller förenas med CAD-data. Objektbibliotek (se t ex Figur 16) gör att modelleringen går fort och kan utföras av icke-projektörer, t ex produktionspersonal.



*Simulering* – Möjligheten att kombinera 3D CAD med temporära konstruktioner och simulera över tid (4D) och därmed visuellt kunna följa hur aktiviteter och deras resurser utförs och samverkar – arbetsmoment och arbetsområde. Alla tunga lyft medför riskmoment som måste prövas och kommuniceras. Speciellt viktiga detaljer eller moment kan föras vidare som bilder eller 4D-sekvenser (där olika aktiviteter kopplas till fysiska objekt och ändrar färg efter status av utförande).

*Visualisering och animering* – Att tidigt kunna kommunicera ut en tydlig bild eller en filmsekvens som beskriver ett särskilt moment underlättar inte bara för sammanslagning av modeller och för produktionspersonalen i att planera och utföra momentet samt erfarenhetsåterföring utan också för projekteringen som kan trygga att säkerhetsrelaterade krav har förverkligats.



## 6. Diskussion

### 6.1 BIM-projektering

Nyttan med BIM är applicerbart genom hela byggprocessen men används idag främst till att producera ritningar samt underlag för t ex mängdning, masshantering och kollisionsskontroll, och inte underlag för arbetsmiljöarbete.

Vad som fattas är att tidigt i projekteringen inkludera säkerhetsrelaterad information för analys, simulering och hantering. Man kan säga att förändringen hittills är teknisk men har inte ännu nått processerna till att mer konsekvent skapa och utnyttja information i ett livscykel syfte. Något man däremot ser i ett flertal andra discipliner där säkerhetsarbetet ses som en integrerad del av produktutvecklingen. I byggandet betraktas säkerhetsarbetet traditionellt däremot som en separat aktivitet som utförts utifrån, och inte tillsammans med, byggprojektering och planering. Men även den s.k. tekniska utvecklingen har en bit kvar: Då dagens vanligast använda CAD-projekteringsverktyg främst skapar objekt för 2D-utskriften och mängdtagning så har de svårt att detaljera underlaget för att också inkludera säkerhetsrelaterad information. Säkerligen kommer varje tekniskt område fortsätta att jobba lokalt och sedan i projektet dela information via något överföringsformat till samgranskning, analyser och liknande. Detta understryker i så fall behovet av utveckling av både CAD-programvaror som verktyg för att hantera och dra nytta av integrerad projektdata i ett bredare perspektiv än att ”bara” beskriva konstruktionen.

### 6.2 Mot en förändring

Som framgått av rapportern finns det en relativt stor medvetenhet om arbetsmiljöfrågor, men denna kan utvecklas ytterligare. Nästa steg i detta utvecklingsarbete blir att stärka säkerhetskulturen och säkerhetsklimatet. D.v.s. det skall vara lika självklart att tänka i termer av säkerhet som i termer av tid och pengar. I denna process kan BIM vara ett viktigt verktyg genom t ex möjligheten att visualisera olika risker under ett byggprojekt. Detta förutsätter dock att funktioner såsom 4D blir mer känt och använt, d.v.s. funktionen att inkludera tidplanen i modellen. Frågan är då vilka möjligheter som produktionspersonal såsom platschefer och andra produktionsansvariga samt personal med arbetsmiljöansvar har att medverka under projekteringskedan för att kunna skapa en ändamålsenlig tidplan? För att kunna skapa detta utrymme, eller omdisponera tid för produktionsansvariga, kommer det initialt att krävas att arbetschefer och högre ledningsnivåer, med befogenheter att fatta beslut, även engageras i arbetet med att skapa processer och rutiner som möjliggör en förändring till att minska gapet mellan projektering och produktion.



## 7. Referenser

Arbetsmiljöverket (2010). Arbetsskador 2009. Arbetsmiljöstatistik Rapport 2010:1, [http://www.av.se/dokument/statistik/officiell\\_stat/STAT2010\\_01.pdf](http://www.av.se/dokument/statistik/officiell_stat/STAT2010_01.pdf) (åtkomst 2011-02-06)

Ask A. m fl (2012) BIM i förvaltningsskedet för små och medelstora projekt. SBUF projekt 12502. <http://www.sbuf.se/>

Baxendale, T. & Jones, O. (2000). Construction design and management safety regulations in practice—progress on implementation, *International Journal of ProjectManagement* 18 (1) 33–40.

Betongvaruindustrin Samhällsbyggaren (2009). Informationskrift från Betongvaruindustrin. [http://www.finja.se/App\\_Resource/Page/file/tips\\_ideer/inspirerande-lasning/samhallsbyggaren-2009.pdf](http://www.finja.se/App_Resource/Page/file/tips_ideer/inspirerande-lasning/samhallsbyggaren-2009.pdf) (Åtkomst 2012-11-19)

Björklund, H. (2009). Krafttag mot arbetsmiljöbrott. Den fortsatta kampen mot olyckor och ohälsa i byggandet. Göteborg: Svenska Byggdirektiv AB. [http://www.byggnads.se/Documents/Verksamhet/Arbetsmilj%C3%B6/Arbetsmilj%C3%B6rapport\\_Almedalen%202009.pdf](http://www.byggnads.se/Documents/Verksamhet/Arbetsmilj%C3%B6/Arbetsmilj%C3%B6rapport_Almedalen%202009.pdf) (Åtkomst 2012-12-19)

Brace, C., Gibb, A., Pendlebury, M. & Bust, P. (2009). Health and safety in the construction industry: Underlying causes of construction fatal accidents — external research, Secretary of State for Work and Pensions, Inquiry into the underlying causes of construction fatal accidents, Loughborough University, Loughborough, <http://www.hse.gov.uk/construction/resources/phase2ext.pdf> (Åtkomst 2012-12-19)

Brohn, C.-E. m fl (2010). BIM för byggmästare. SBUF projekt 12256. <http://www.sbuf.se/>

Byggindustrin (2010) Arbetsplatsolyckorna på historiskt låg nivå—[http://www.byggindustrin.com/nyheter/arbetsplatsolyckorna-pa-historiskt-lagn\\_\\_8374/](http://www.byggindustrin.com/nyheter/arbetsplatsolyckorna-pa-historiskt-lagn__8374/) (Åtkomst 2011-02-06)

Chantawit, D., Hadikusumo, B.H.W., Charoenngam, C. & Rowlison, S. (2005). 4DCADsafety: visualizing project scheduling and safety planning. *Construction Innovation* 5 (2), 99–114.



Collier, E.B. (1994). Four-dimensional modelling in design and construction. Thesis for the degree of engineer, Stanford University.

Dehlin, S. & Fredhsdotter, J. (2011). RFID och BIM i byggproduktion. SBUF projekt 12459. <http://www.sbuf.se/>

Eastman, C. & Teicholz, P. (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Engineers, and Contractors. Hoboken, New Jersey.

Holm, N. m fl (2012). K1 – En ritning för ökad säkerhet på arbetsplatsen. SBUF projekt 12589. <http://www.sbuf.se/>

IAI. IFC-Wiki, IFC-Developers.  
<http://www.ifcwiki.org/index.php/IFC-Developers> (åtkomst 2012-05-30)

Kiviniemi, M. m fl (2011) VTT rapport “ BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction” från TurvaBIM projektet

National Building Information Model Standard Project Committee,  
<http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/faq/> (åtkomst 2012-05-29)

Solibri Inc.  
<http://www.solibri.com/building-information-modeling/what-is-bim.html> (åtkomst 2012-05-29)

Sulankivi, K., Mäkelä, T. & Kiviniemi, M. (2009b). Tietomalli ja työmaan turvallisuus. Tutkimusraportti VTT-R-01003-09. <http://www/inf/julkaisut/muut/2009/turvabim.pdf>. (på finska)

Szymberski, R. (1997). Construction project safety planning, Tappi Journal 80 (11) 69–74.

Thorell, U. (2010). BIM på bygget – en förstudie. SBUF projekt 12151. <http://www.sbuf.se/>

Törner, M., Pousette, A. & Larsson, S. (2008). Att bygga säkerhet. Verktygslåda för bättre säkerhet i bygg- och anläggningsarbete. Göteborg: Göteborgs universitet.