

A decorative graphic consisting of a series of vertical bars of varying heights and widths, arranged in a slightly curved line across the top of the page.

Digital håndtering af projektændringer

Tor Clarke Jensen, januar 2011

DTU Management

A decorative graphic consisting of a series of vertical bars of varying heights and widths, arranged in a slightly curved line across the bottom of the page.

Tor Clarke Jensen, 3. januar 2011

Titel: Digital håndtering af projektændringer

Forfatter: Tor Clarke Jensen, studienummer 072529

Projektperiode: 30. august 2010 til 3. januar 2011

Institut: DTU Management – Institut for Planlægning, Innovation og Ledelse

Vejleder:

Niclas Andersson

Sektion for Planlægning og Ledelse af Byggeri

DTU Management – Institut for Planlægning, Innovation og Ledelse

1 Resume

Ændringshåndtering er traditionelt en disciplin med høj risiko for informationstab. BIM er tværtimod et metode, der bevarer informationer gennem brug af parametriske modeller. Denne rapport undersøger mulighederne for bygningsinformationsmodellering (BIM) i at støtte entreprenører i håndteringen af projektændringer inden for bygge-og anlægsprojekter. Renoveringen af Industriens Hus, hovedkontoret for Dansk Industri, er benyttet som case, da det er projekteret ved at benytte BIM, som opdateres regelmæssigt.

For at undersøge, hvordan BIM kan påvirke ændringshåndtering, er der udvalgt to eksempler på projektændringer fra casen. Disse projektændringer er blevet undersøgt, og BIM-modellen fra casen er anvendt i forskellige situationer: Analytiske BIM-værktøjer er blevet benyttet til at sammenligne forskellige versioner, og BIM-modellen er blevet koblet til en tidsplan for projektet. Begge metoder er nyttige for entreprenøren, men i forskellige situationer. De analytiske redskaber er ideelle til at finde de direkte konsekvenser, mens koblingen mellem modellen og tidsplanen egner sig bedre til at identificere de mere indirekte konsekvenser. Når model og tidsplan er forbundet er det også muligt at visualisere sekvenser af projektudførelsen, som kan benyttes til at overbevise bygherren om at støtte entreprenørens holdning til projektændringen. BIM kan forbedre implementeringsfasen, foruden at formidle projektændringen, ved at følge de procedurer for sammenkobling af modellen og tidsplanen.

Rapporten konkluderer, at hvis BIM allerede er implementeret i projektet, er der gode muligheder for, at entreprenøren kan begrænse risikoen ved projektændringer. BIM giver overblik over konsekvenserne af projektændringerne for entreprenøren, som derved kan begrænse disse risici. En analyse af disse konsekvenser kan føre til bedre dokumenterede beslutninger for bygherren, og en bedre implementering af projektændringer i procesplanerne for byggeprojektet.

2 Digital Change Management – an abstract

Change management is traditionally a discipline with a high risk of information loss. BIM is on the contrary a system which retains information within a parametric model. This report examines the opportunities for Building Information Modelling (BIM) to support contractors in managing changes within construction projects. The refurbishment of Industriens Hus, the head office of *The Confederation of Danish Industry*, has been used as a case example, because it is designed with the use of BIM models which are updated regularly.

To examine how BIM can influence change management two examples of changes have been selected from the case. These changes have been examined and the BIM model from the case has been used in different situations: Analytical BIM tools have been used to compare different versions and the BIM model has been linked to a project schedule. Both methods are useful for the contractor, but in different situations. The analytical tools are ideal to find the direct consequences, while the linked model and schedule is better at identifying the more indirect consequences. When the model and schedule are linked it is also possible to visualise the sequences of the project execution, which is able to convince the client towards the contractors opinion on the change. BIM can enhance the implementation phase, besides communicating the change to the project, by following the procedures for linking the model to the schedule.

The report concludes that if BIM already is implemented in the project, it offers opportunities for the contractor to restrict risks for changes to the project. The methods discussed in this report offer simple overviews of the consequences for the contractor which will reduce these risks. An analysis of these consequences can lead to better decisions by the client and better implementation in the process plans for the construction project.

3 Forord

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med mit afgangsprøveprojekt på diplomingeniørretningen Bygningsdesign på Danmarks Tekniske Universitet, DTU. Projektet er udarbejdet på DTU Management i samarbejde med E. Pihl og Søn A.S fra september 2010 til januar 2011. Rapporten er vægtet 20 ECTS-point.

Interessen for området stammer fra mit praktikforløb hos E. Pihl og Søn A.S på Rambøll's nye domicil. Her arbejdede jeg meget med at dokumentere ændringer i tegningsmaterialet, og selvom projektet var projekteret ved brug af BIM-værktøjer, udførtes dette traditionelt. Disse tanker har siden ført til dette projekt, hvor jeg forsøger at redegøre for, hvordan BIM kan støtte entreprenøren i forbindelse med håndteringen af projektændringer.

Jeg vil derfor gerne takke min vejleder Niclas Andersson for hans generelle vejledning for projektet og hans tiltro til mig og projektet. Derudover vil jeg gerne takke Rolf Carlsen fra E. Pihl og Søn A.S for hans interesse og opbakning til projektet og hjælp med at præcisere opgaveformuleringen. Jeg vil også gerne takke Rolfs kollegaer Peter Mortensen, som har fremskaffet bygningsmodeller, og Rasmus Møller Jensen, som har forklaret af processerne i forbindelse med casen. For at projektet har kunnet gennemføres har jeg også skulle benytte BIM-software. Derfor vil jeg gerne takke BIMLab, BYG-DTU, hvor især Markus Lampe og Helle Juul Bak har hjulpet med licenser og software. Til sidst tak til Per Anker Jensen for hans gennemlæsning af rapporten og kritik på denne.

Tor Clarke Jensen, den 3. januar 2011

4 Indhold

1 Resume.....	1
2 Digital Change Management – an abstract.....	2
3 Forord.....	3
4 Indhold.....	4
5 Indledning.....	5
5.1 Baggrunden for rapporten.....	5
5.2 Problemformulering.....	6
5.3 Afgrænsning.....	6
5.4 Case.....	7
5.5 Læsevejledning.....	9
6 Teori.....	10
6.1 Projektændringer – og håndteringen af disse.....	10
6.2 BIM.....	17
7 Metodebeskrivelse.....	23
7.1 Interview.....	23
7.2 Praktisk brug af case-model.....	23
8 Erfaringer fra casen.....	25
8.1 Projektændringer fra casen.....	25
8.2 Solibri Model Checker.....	25
8.3 Tekla Structures Construction Management.....	28
9 Analyse af case-arbejdet.....	31
10 Vurdering af BIM's muligheder ved projektændringer.....	33
10.1 Forslagsfasen.....	33
10.2 Konsekvensfasen.....	33
10.3 Godkendelsesfasen.....	34
10.4 Implementeringsfasen.....	34
10.5 Alternative muligheder for digital håndtering af projektændringer.....	35
11 Konklusion.....	36
12 Referencer.....	37
13 Bilag 1.....	39

5 Indledning

5.1 Baggrunden for rapporten

Et af de vigtigste aspekter ved gennemførelsen af byggeprojekter er håndteringen af ændringer i projektet [PMI, 2007].

Byggeprojekter er som hovedregel planlagt i detaljer før selve udførelsen påbegyndes. Der vil dog alligevel ske ændringer som projektet skrider frem. Disse projektændringer vil være at finde i processerne for projektet. Når der ændres i processen påvirker det også udførelsesprojektet. Der fremkommer i denne proces information, som skal registreres og redegøres for, og som skal benyttes i den senere opfølgning. Dette fører til ændrede vilkår for projektet og derfor skal de implementerede projektændringer kommunikerer ud til projektets parter.

Der er mange risici forbundet med kommunikationen af projektændringer, da det drejer sig om allerede etablerede planer og procedurer, der skal ændres. Hvis projektændringer og deres konsekvenser ikke bliver redegjort for og kommunikeret ud, kan det have negative konsekvenser for byggeprojektet som helhed med tidsoverskridelser, budgetskred og konflikter mellem parterne [Anlæg, 2007].

De seneste år er der i byggebranchen kommet gang i brugen af digital bygningsinformationsmodellering, BIM. Som navnet antyder, knytter BIM informationer til bygningen, og disse informationer kan udveksles mellem byggeriets parter gennem modeller. Mange arkitekttegnestuer og rådgivende ingeniører har taget BIM-tankegangen til sig og projekterer helt eller delvist efter denne model.

Der er også udviklet software til at tilføje informationer omkring tid og økonomi til egenskaberne i disse modeller, 5D-BIM, hvilket entreprenøren kan bruge i planlægningsmæssige sammenhænge. Disse metoder for brug af BIM i udførelsesfasen kan føre til lavere omkostninger. Det eneste gennemdokumenterede danske eksempel på et byggeri udført ved hjælp af 5D-BIM, er nye undervisningslokaler til brug for professionshøjskolen UCC. De formåede at skære halvanden til to mill. af prisen til et projekt til 28,6 mill. [Ingeniøren]. Internationale erfaringer har også dokumenteret lavere udførelsesomkostninger for byggeprojekter udført ved brug af BIM, hvor de udførende integreres i processen [Eastman, 2008].

Da projektændringer kan føre til negative konsekvenser for et byggeprojekt på grund af manglende information og kommunikation, er det oplagt at benytte BIM-baseret planlægning til at overskueliggøre projektændringer og understøtte opfølgingsprocessen for byggeprojekter i udførelsesfasen. Da ændringshåndteringen drejer sig om ændringer i byggeriets informationer, vil BIM være til gavn, da der her arbejdes med informationer omkring bygningsdele og deres tilknytning til sammenhænge i byggeriet. Derved kan den megen information, som der risikerer at gå tabt ved indførelsen af projektændringer, blive bevaret ved at benytte BIM. Derudover kan konsekvenserne fra projektændringerne implementeres i både tidsplan og økonomien ved at koble tid og økonomi på BIM-modellen.

5.2 Problemformulering

Der er mange risici forbundet med håndtering af projektændringer, og derfor er det relevant at undersøge om BIM kan gavne denne proces. Da BIM stadig ikke er særlig benyttet i industrien, og forskningen omkring BIM ikke har dokumenteret samtlige muligheder og processer, er det selve processen for håndteringen af projektændringer ved brug af BIM, der vil blive undersøgt i denne rapport.

Formålet for projektet er derved at undersøge, hvorledes projektændringer i et byggeprojekt kan følges op ved hjælp fra BIM. Dette vil resultere i et forslag til arbejdsprocessen for ændringshåndtering ved brug af BIM under forudsætning af, at der arbejdes med BIM mellem alle parter på byggeprojektet. Der tages udgangspunkt i entreprenørens rolle som planlægger og dermed dennes behov for at kunne opsummere følgerne for tid og økonomi, som de ændrede krav til byggeriet påfører.

Udgangspunktet er entreprenørens rolle, som ansvarlig for områderne omkring udførelsen af byggeprojektet, herunder tids-, ressource- og økonomiplanlægning. Dette betyder, at der arbejdes med de projektændringer, som godkendes af bygherren, og som rådgiveren overfører til det konkrete projektmateriale, og derved kan disse projektændringer føres direkte tilbage til bygherren, som er ansvarlig for disse. Rapporten beskriver derved entreprenørens procedure for de bygherregodkendte projektændringer, og det er disse procedurer, som skal beskrives på basis af de muligheder, som BIM har for at støtte entreprenøren med ændringshåndteringen.

5.3 Afgrænsning

Denne rapport beskæftiger sig med byggeprojekter, hvor alle parter arbejder med BIM. Derudover tages der udgangspunkt i en traditionel hovedentreprise, hvor rådgiverne forestår projekteringen, og hovedentreprisen sendes i udbud, så der er defineret en klar udbudsmodel som senere projektændringer tager udgangspunkt i. Derfor vil der allerede eksistere en BIM-model når entreprenøren bliver en del af projektet, og denne model benyttes til at foretage en kobling til tid og økonomi. Det antages at projektændringerne allerede indføres i BIM-modellen når ændringsforslaget stilles, og modellen så offentliggøres når projektændringen er blevet godkendt af bygherren, så modellen til hver en tid er opdateret.

Denne rapport beskæftiger sig ligeledes med ændringer som går på tværs af parter i projektet.¹ Dette er fordi byggeprojekter gennemføres af flere forskellige virksomheder, og hvis en projektændring kun vedrører én part i projektet, er det dennes interne anliggende og bør derfor ikke have konsekvenser for projektet som helhed. Det er de tværgående projektændringer, hvor risikoen for negative konsekvenser er størst, som vil være i fokus for at forhindre konflikter mellem parterne. Dette betyder, at alle ændringer, som entreprenøren selv indfører i projektet, ikke bliver behandlet i denne rapport medmindre de kræver

¹Parterne består oftest af bygherre, arkitekt, rådgivende ingeniør og entreprenører.

en ændring af de projekterendes projektmateriale, som også skal godkendes af bygherren. Dette er fordi BIM ikke er relevant, når der ses på projektændringer, som ikke har med selve bygningsmodellen at gøre, da der derved mistes koblingen mellem de projekterendes model og entreprenørens planlægning.

Rapportens konklusioner og erfaringer vil derfor primært være henvendt til projekter, som benytter BIM i forbindelse med udførelse og projektering af byggeriet. Derudover er det en forudsætning, at modellen opdateres løbende, så de projekterende opdaterer BIM-modellen, når projektændringer er besluttet.

5.4 Case

Samarbejdet med E. Pihl og Søn A.S (Pihl) er blevet til for at kunne koble en konkret case på projektet. Grunden til dette har til dels været at benytte en bygningsmodel, og dels for at koble den teoretiske viden til praktiske erfaringer. Der har derfor været visse krav til case-projektet, da der skulle være modelleret en BIM-model, og der skulle være foretaget visse ændringer til projektet, for at det vil være relevant at analysere projektændringer.

Industriens Hus er blevet valgt, da alle bærende konstruktioner er modelleret i en BIM-model, som har været igennem flere revisioner siden Pihl modtog udbudsmodellen. Selvom denne rapport har sit primære fokus på hovedentrepriser, er Industriens Hus en totalentreprise. Metoderne som denne rapport gennemgår kan stadig benyttes for casen, men de vil ikke have samme relevans for Pihl's udførelse af Industriens Hus.

5.4.1 Industriens Hus

Industriens hus ligger ved det sydlige hjørne af Rådhuspladsen i København ud mod Tivoli. Det er derved en af de mest attraktive placeringer i hele Danmark, og er derfor et centralt element i hovedstadens udtryk udadtil. Samtidig er placeringen langs H. C. Andersens Boulevard og Vesterbrogade et af de mest centrale trafikale knudepunkter [Google maps, 2010]. Udover placeringen af Industriens Hus er Dansk Industri, DI, som benytter huset som hovedsæde, også central i det danske samfund. Med 10.000 medlemsvirksomheder, er DI som erhvervsorganisation og arbejdsgiverforening et vigtigt samlingspunkt for det danske erhvervsliv [DI, 2010].



Illustration 1: Erik Møllers Industriens Hus fra 1979, set fra rådhuspladsen [DI, 2010].

Industriforeningen, som senere blev til DI, har benyttet denne placering siden 1872, hvor der blev bygget en udstillingsbygning, som senere blev til lokaler for organisationen. Efter 100 år med tilbygninger og slid, blev de oprindelige bygninger revet ned og et nyt Industriens Hus blev opført på grunden i 1979, tegnet af arkitekt Erik Møller [DI, 2010]. Det nye Industriens Hus blev bygget som to fløje med seks etager ud mod H. C. Andersens Boulevard og fem etager mod Vesterbrogade. Derudover er der mindre bebyggelser, som går ud fra disse fløje mod Tivoli. Kompleksets facader er beklædt med teglfliser med store tværgående vinduespartier, som det ses på Illustration 1, mens taget har en skrå vinkel og er kobberbeklædt.

Erik Møllers hus er efterhånden ikke stort nok til et voksende DI. Derfor ønskes der en udbygning af det eksisterende bygningskompleks, men når der alligevel skal varetages en udbygning, har DI besluttet at renovere hele komplekset. Det er arkitektgruppen Transform, der står bag projektet, som skal være i harmoni med omgivelserne. For at få mere plads til DI og deres medarbejdere skal der etableres yderligere 16.000 kvm. På de to fløje ud mod H. C. Andersens Boulevard og Vesterbrogade bevares den eksisterende konstruktion, hvor der tilføjes to til tre nye etager for at nå en samlet højde på otte etager med fladt tag, som ses på Illustration 2. Alle installationer og al interiør stripes fuldkommen, så kun betonkonstruktionen står tilbage, og fløjen mod H. C. Andersens Boulevard udvides desuden ud mod vejen. Denne udvidelse består primært af et stort 6-etager højt atrium, hvor det kun er de to øverste etager, som dækker atriets plan. De resterende dele af komplekset rives dog helt ned. Ud mod Tivoli skal der til gengæld opføres en ny fløj, hvor antallet af etager går fra otte ved H. C. Andersens Boulevard til to. Som det ses på Illustration 2



Illustration 2: Det nye Industriens Hus, som er tegnet af Transform, set fra rådhuspladsen [DI, 2010].

bliwer hele bygningskomplekset iklædt en ubrudt glasfacade, og der benyttes også glas til at overdække den indre gård, som opstår mellem de tre længer [DI-video, 2010].

E. Pihl og Søn A.S (Pihl) har vundet totalentreprisen for Industriens Hus med byggeperiode på tre år med Rambøll Danmark A/S (Rambøll) som rådgivende ingeniører på projektet. Rambøll har dog samtidig stået for at projektere byggeriet før entreprisen blev sendt i udbud, men er fortsat med at projektere efter Pihl har vundet projektet [Pihl-as, 2010].

5.4.2 Bygningsmodellen for Industriens Hus

I forbindelse med Industriens Hus har Rambøll bygget en BIM-model af bygningens konstruktioner. Modellen fra den 1. november 2009 blev oprindeligt benyttet som udbudsmodel i forbindelse med

tilbudsgivningen. Rambøll har dog fortsat arbejdet med den efter, at Pihl har vundet totalentreprisen. Den gældende model for dette projekt har været fra den 15. november 2010, som ses på Illustration 3.

Rambøll har det overordnede ansvar for modellen, men leverandører og evt. underentreprenører har mulighed for at modellere detaljer til modellen, som Rambøll forsøger at tilpasse den oprindelige model. Leverandørerne retter dog ikke direkte i den originale model for at mindske fejl. Til gengæld sørger Rambøll for at udgive en ny version af modellen hver anden uge. Dette fører til, at modellen sendes fra part til part og derved hele tiden opdateres. Pihl's rolle er ikke at modellere specifikke ændringer, men at styre processen. Det er vigtigt for Pihl, at modellen bliver færdig til tiden og med minimale fejl. Derfor gennemgår de både Rambølls model og leverandørernes tillægsmodeller for at tjekke grænsefladerne mellem modellerne [Jensen, 2010].

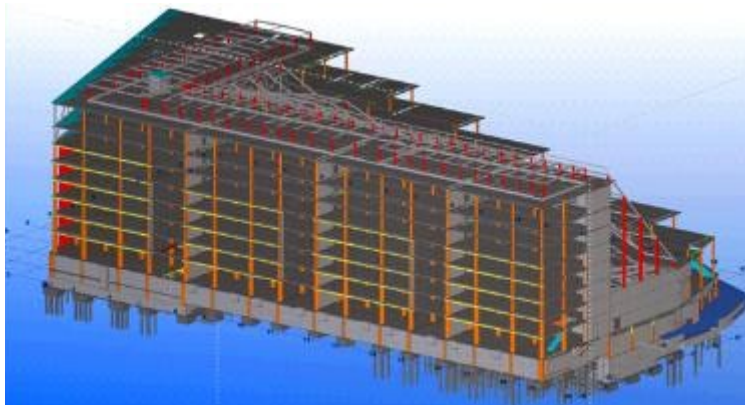


Illustration 3: BIM-modellen af Industriens Hus fra d. 15-11-2010 [Tekla].

5.5 Læsevejledning

Da denne rapport undersøger håndteringen af projektændringer ved brug af BIM, og dette ikke er beskrevet i litteraturen, er det relevant at undersøge disse to emner separat. Teoriafsnittet er derfor opdelt i to dele, hvor der først redegøres for projektændringer og håndteringen af disse, og derefter redegøres der for BIM med vægt på BIM's muligheder for entreprenøren. Når der er redegjort for teorien, beskrives der, hvordan ændringshåndteringen kan udføres ved brug af BIM. Disse metoder benyttes til at opnå praktiske erfaringer fra casen, som opnås både gennem interview og benyttelse af BIM-værktøjer. Resultaterne herfra analyseres og sammenholdes med den redegjorte teori, som så fører til en vurdering af metoderne.

De metoder der er beskrevet i rapporten, er ikke beskrevet i litteraturen. Selvom der efterhånden er beskrevet en del erfaring med at benytte BIM i forbindelse med planlægning af byggeprojekter, er den videre opfølgning ikke beskrevet på samme måde, og metoder for ændringshåndtering ved brug af BIM er ikke beskrevet. Metoderne, som beskrives i rapporten, er til dels fremkommet af software-udbyderes beskrivelse af funktionalitet samt egne erfaringer.

6 Teori

6.1 Projektændringer – og håndteringen af disse

”Ingen plan af operationer rækker med sikkerhed længere end det første møde med fjendens hovedstyrke.” General Helmuth Karl Bernhard Graf von Moltke (1800-1891) [ASMZ, 2007].

Citatet ovenfor beskriver tankegangen, som danner grundlag for ændringshåndtering: At håndtere og implementere alle de tilføjelser og afvigelser fra den originale plan efter, at projektet er gået i gang. Det er den samme situation den preussiske general stod med i det 19. århundrede, som moderne projektledere oplever når deres gennemtænkte planer ikke formår at holde til mødet med virkeligheden. Derfor er ændringshåndtering blevet en integreret del af moderne projektledelse, og især indenfor bygge- og anlægssektoren er det ofte håndteringen af disse, som skaber succes eller fiasko [PMI, 2007].

Dette afsnit går i dybden med projektændringer og hvordan disse bør håndteres ifølge litteraturen. Projektledelseslitteratur danner baggrunden for dette afsnit, men projektændringer er ikke et tema, som der behandles separat. Det er en del af en fælles integration af alle processer for projektet, som på engelsk kaldes *Integration Management* (der er i arbejdet med projektet ikke fundet et specifikt udtryk på dansk). På engelsk benyttes begreberne *Change Management* og *Configuration Management* begge om håndteringen af projektændringer, men der findes ikke lige så faste begreber på dansk. I denne rapport benyttes begrebet ændringshåndtering som oversættelse for *Change Management* og definere disciplinen (ændringsledelse eller ændringsstyring benyttes i andet litteratur). Derimod benyttes projektændring som begreb for genstanden.

6.1.1 Hvorfor opstår der projektændringer?

For at forstå sammenhængen for ændringer i projektet som helhed, er det vigtigt at identificere projektmålets faser gennem tiden. Denne handling begynder i de overordnede mål, men for hver cyklus bliver der også en større detaljerigdom, samtidig med at projektet bliver mere konkret med bedre muligheder for udførelse. Projektets livscyklus er derved en opfølgingsproces, hvor det udførte arbejde hele tiden sammenholdes med formålet for dette arbejde. Dette gøres for at kunne sikre sig, at formålet bliver overholdt og dermed at projektet bliver en succes. Den endelige succes for et byggeprojekt, vil i hovedreglen være, at byggeriet er leveret til aftalt kvalitet, tid og pris. Det er samtidig projektets formål, som beskriver disse tre parametre, og projektets livscyklus skal tage hensyn til disse parametre og hvordan det udførte arbejde svarer til disse [PMI, 2007].

For at kunne afgøre, hvilke tiltag der skal til for at følge projektet op, er det vigtigt at kunne vurdere, hvad status projektet er på. Projektets ydelse skal dokumenteres gennem en indsamling af informationer for aktiviteternes status. Derved skabes der et sammenlignings grundlag mellem ydelse og mål. Når

aktiviteternes ydelse er blevet sammenlignet med de relevante mål, kan det afgøres, hvorvidt disse mål er opfyldt af aktiviteterne [PMI, 2008].

Det er ikke sikkert, at det udførte arbejde overholder målenes rammer for projektet. Når dette opstår, skal der overvejes hvilke konsekvenser dette har for projektet. Hvis aktiviteterne opfylder projektets mål, skal projektet forløbe som planlagt med jævn opfølgning. Hvis der derimod er en væsentlig afvigelse fra det planlagte, er der to muligheder: Korrigering af aktiviteten eller revurdering af delmål. Aktiviteten vil i mange tilfælde kunne korrigeres ved at tilføje flere ressourcer. Det vil dog også være relevant at analysere begge muligheder, da det ikke nødvendigvis er aktiviteten som er udført forkert. Da målet er opstillet ud fra nogle antagelser om projektets udformning, kan disse være urealistiske, forældet eller ikke relevante for projektet. Det er projektformens løbende cyklus, som former projektet, og derfor kan ændringen af delmål være en legitim måde at overholde hovedformålet på. Det er disse revurderinger af delmålene som ligger princippet for ændringshåndtering i byggeprojekter [Winch, 2010].

6.1.2 Projektændring

”Ændring; det at noget bliver ændret.

Ændre; give nogen eller noget en lidt anden form, udseende eller karakter” [Politiken, 2001]

En projektændring er en ændring på en etableret proces i projektet som har indflydelse på andre processer, og alle projektændringer er langt fra ens. Nogle projektændringer forsøger at rette op på væsentlige fejl i projektet og er nødvendige for projektets gennemførelse, mens andre er smådetaljer, som tilføjer en hvis kvalitet, men ikke er afgørende for gennemførelsen. For at bedre at kunne forstå denne forskel i ændringer, findes der fire hovedkategorier af projektændringer. Disse er dog ikke rigide og en projektændring kan godt indeholdes i flere forskellige af kategorierne [PMI, 2008].

- **Korrigerende:** Projektændringer som fører til at fremtidige resultater er i overensstemmelse med projektets mål. Disse projektændringers formål er at ændre etablerede processer, så de er mere relevante for projektet. Dette er dog en korrektion, som ikke er afgørende for projektets gennemførelse, men øger kvaliteten af projektet.
- **Prævention:** Projektændringer som fører til en reduktion af risici. Derved kan forventede risici minimeres ved at ændre på processer, og ud fra en risikoanalyse vurderes det, hvordan ændringer skal foretages.
- **Reparation:** Projektændringer som retter op på identificerede fejl. Disse fejl bliver som regel opdaget under en kvalitetskontrol, og den fornødne ændring eliminerer disse, og kommer med et alternativ.
- **Opdatering:** projektændringer som beskriver tilføjelser til eksisterende processer. Dette vil oftest være ny viden eller ressourcer som bliver tilføjet for at forbedre det færdige produkt. I modsætning til reparationsændringer, er der ikke forudsat nogle fejl før ændringer indføres.

Disse fire ændringskategorier er meget generelle for alle projekter; ikke kun for bygge – og anlægsbranchen. De giver en god hovedinddeling af de forskellige ændringstyper.

Projektændringer indenfor bygge- og anlægsbranchen, kan udover en inddeling i kategorier også inddeles efter andre parametre som fase eller ændringsansvarlig part i projektet. Et byggeprojekt vil typisk være inddelt i følgende tre hovedfaser [Hao, 2008]:

1. Specifikation: Bygherren forsøger med sine rådgivere at redegøre for krav og specifikationer for det ønskede byggeri. Derved fastlægges målet for selve byggeprojektet.
2. Projektering: Rådgiverne tilpasser byggeprogrammet til dokumenter, som der kan bygges ud fra; leverancerne defineres.
3. Udførelse: Byggeriet udføres efter de givne dokumenter fra rådgiverne. Entreprenøren styrer selve udførelsesprocessen, mens der føres løbende dialog med rådgivere og bygherre.

De forskellige parter i projektet følger faserne, da bygherren primært er ansvarlig for specifikationen, rådgiverne er ansvarlige for projekteringen og entreprenørerne er ansvarlige for selve opførelsen [Hao, 2008].

På grund af byggeriets tre hovedfasers forskellighed forekommer ændringshåndteringen meget forskelligt i de tre situationer. I specifikationsfasen lægges selve målet for byggeprojektet fast, og dette mål ændres løbende. Målet bør ligge fast i de efterfølgende faser, da der foregår en løbende detaljering, og en ændring af målet kan føre til mange større eller mindre ændringer andetsteds i projektet. For at få et overblik over de mest almindelige typer af projektændringer, er der i nedenstående skema, opstillet disse i relation til den aktuelle fase og part [Hao, 2008].

Fase	Ændringsansvarlig part	Grundlag for ændring
Specifikation	Bygherre Bruger Arkitekt	Ændring af krav Ændring af specifikationer Forventninger til resultat Designforslag
Design	Arkitekt Ingeniør Konsulenter	Ufærdige tegninger Inkonsistens mellem tegninger Fejl i design Ændringer i design Undladelse af faktiske forhold Manglende bygbarhed Ændringer i love og standarder
Udførelse	Entreprenør Fagentreprenør	Forskelle i det udførte og design Kvalitetsfejl Uventede forhold på pladsen Value Engineering (VE) Manglende materiel eller materialer Vejrforhold

Illustration 4: Forskellige typer af projektændringer, som kan forekomme i bygge- og anlægsprojekter inddelt efter fase, parter og grundlag [Hao, 2008].

6.1.3 Hvordan håndteres projektændringer?

Projektændringer opstår ikke af sig selv. For at projektændringer træder i kraft i et projekt er der visse procedurer som skal gennemgås, hvis disse skal implementeres korrekt. Overordnet set består disse procedurer af fire punkter, som skal gennemgås, før en projektændring træder i kraft [PMI, 2008]:

1. Forslag: I projektets løbende cyklus, opstår der løbende behov for at projektelementer ændres. Når dette opdages, skal der stilles et ændringsforslag.
2. Konsekvens: Når ændringsbehovet er opdaget, er det vigtigt, at få klarlagt, hvilke konsekvenser ændringen har for projektet. Det er vigtigt, at ændringsforslaget kommer ud til en bredere del af de implicerede på projektet end ændringsstilleren, da en projektændring kan have bredere konsekvenser end, hvad ændringsstilleren har overblik over.
3. Godkendelse: En projektændring kan ikke træde i kraft uden en godkendelse. Indenfor bygge- og anlægsbranchen vil det typisk være bygherren, som styrer hvilke ændringer, som skal godkendes [PMI, 2007]. I andre sammenhænge kan en styregruppe bestående af flere parter vurderer de godkende projektændringer; også kaldet et Change Control Board [Kousholt, 2010].
4. Implementering: Heri ses der tilbage på konsekvensanalysen. De procesplaner, som projektændringen har konsekvenser for, skal opdateres, så projektændringen bliver en etableret del af projektet. Derudover er kommunikation omkring projektændringen vigtig, da alle implicerede på projektet skal kunne følge projektændringen [Attrup, 2008].

Under implementeringen af projektændringen udarbejdes en ændringsordre. Dette er det officielle dokument, som bekræfter projektændringen, og som kan refereres tilbage til den ansvarlige for godkendelse af projektændringen. Derved kan hele proceduren for ændringshåndteringen defineres som et input bestående af ændringsforslaget, og et output bestående af ændringsordren. Der er dog også den mulighed, at projektændringen bliver afvist under godkendelsesproceduren. Der kan være mange begrundelser for afvisningen, men konsekvensanalysen vil ofte finde frem til uforudsete konsekvenser, som ændringsstilleren ikke havde forudset. Der kan også opnås en delvis godkendelse, men i disse tilfælde vil ændringsordren kun indeholde de godkendte elementer [Attrup, 2008].

Før en projektændring godkendes af bygherren, er det vigtigt at alle konsekvenserne bliver dokumenteret. Hvis denne dokumentation er mangelfuld, kan det resultere i, at bygherren godkender projektændringer som fører til unødvendige udgifter for ændringsstilleren eller andre implicerede parter. Derved skaber god dokumentation bedre argumenter for eller imod projektændringen, og parterne kan kompenseres for udgifterne til denne [Kousholt, 2010].

6.1.4 Projektændringers konsekvenser

Projektændringer kan have konsekvenser for mange parter i projektet. Generelt bryder projektændringerne op i det etablerede flow, og skaber *grus i maskineriet*. Dette skaber generelt en stor uoverskuelighed for projektdeltagerne, og kan føre til tvister mellem projektparterne, hvor de enkelte parter skyder skylden på hinanden for den forstyrrede arbejdsgang. Projektændringer kræver også en høj

grad af kommunikation mellem parterne, da projektændringerne skal kommunikeres ud til alle projektdeltagerne. Samtidig skal konsekvenserne for projektændringerne også kommunikeres ud, og derved skabes der en masse information med risiko for, at noget af denne kommunikation går tabt. Den øgede koordinering mellem parterne skaber dermed risici, som kan føre til tvister og uenigheder mellem parterne, hvilket forstyrrer projektets positive arbejdsrytme [Anlæg, 2007]. Derudover er der nogle direkte konsekvenser af projektændringer som skaber ekstra arbejde, og dermed påvirker både tiden og økonomien [Sun, 2004]:

- Revision af projektdokumenter
- Reorganisering af tidsplaner og arbejdsprocedure
- Arbejds mængden tilføjes eller fratrækkes
- Ombygning og nedrivning af udførte bygningsdele

Disse konsekvenser er alle nogle som direkte kan dokumenteres. Der skabes dog samtidig problemer i den udførende arbejdsstyrke, som der ikke direkte kan kompenseres for. Især ved ændringer af udført arbejde, kan der opstå manglende engagement for projektet. Dette fører til større tidsforbrug og dårligere kvalitet af produktionen, som ikke kun påvirker de relevante projektændringer, men projektets udførelse som helhed. Desuden skal der bruges ekstra ressourcer på at implementere nye arbejdsgange og koordinering af aktiviteter [Sun, 2004].

6.1.5 Entreprenørens rolle overfor projektændringer.

Almindelige betingelser for arbejder og leverancer i bygge- og anlægsvirksomhed, AB92, er standardbetingelser for hoved- og fagentrepriser. De er juridiske betingelser, som byggeriets organisationer anbefaler, at der benyttes når entreprenører skal udføre bygge- og anlægsarbejder, og de indeholder paragraf 14 omkring projektændringer i arbejdet:

"§ 14. Bygherren kan forlange ændringer i arbejdets art og omfang, når ændringen har naturlig sammenhæng med de aftalte ydelser. Entreprenøren har ret til at udføre sådanne ændringer, medmindre bygherren påviser særlige forhold, der begrundes, at bygherren lader andre udføre arbejdet." [Hansen, 1993]

Dette vil sige, at både bygherren og entreprenøren er forpligtet til at samarbejde omkring projektændringer. Det skal nævnes, at det i denne forbindelse kun er projektændringer som opstår efter kontraktindgåelsen, der er relevante for entreprenøren. Alle tidligere ændringer er en del af projektmaterialet for kontraktgrundlaget [Hansen, 1993].

For entreprenørens vedkommende er kontrakten hele udgangspunktet for projektstyringen. Den henviser til de på kontrakttidspunktet gældende projektdokumenter, og derfor vil alle senere projektændringer være tillæg til denne. Dette giver projektændringerne en væsentlig anderledes rolle for entreprenøren i forhold til byggeprojektet som helhed, da entreprenøren skal levere et ændret produkt ved

projektændringer, og ændrede betingelser for de i kontrakten angivne krav til kvalitet, tid og pris [Anlæg, 2007].

6.1.6 Konsekvenser for entreprenøren ved projektændringer

For at forstå hvilke konsekvenser en projektændring har for entreprenøren, er det vigtigt at skelne mellem, de konsekvenser som påvirker projektet som helhed, og de konsekvenser som forbliver indenfor entreprenørens regi. Disse konsekvenser bør fremgå af konsekvensanalysen før projektændringen godkendes, så alle parter er indforståede med konsekvenserne.

Der er i AB92 inkluderet bestemmelser for, hvilken compensation entreprenøren må kræve for projektændringer godkendt af bygherren. Disse drejer sig generelt om to forskellige typer krav: økonomiske krav og tidsfristforlængelser.

De økonomiske krav er fastlagt efter de i kontrakten fastlagte enhedspriser op til et beløb som svarer til +/- 15 % af den samlede entreprisum eller +/- 100 % af den enkelte post i tilbudslisten. Denne grænse eksisterer for at mindre ændringer ikke skal gøre administrationen for tung for de mindre projektændringer, og samtidig sikrer entreprenøren ekstra compensation for de større ændringer [Hansen, 1993].

Selvom entreprenøren får godtgjort en tilføjede mængde arbejde, bliver samme enhedsbeløb trukket fra hvis arbejdsmængden formindskes. Dette kan betyde, at der indenfor 85 % af entreprisummen stadig skal betales udgifter til byggeplads, drift og styring, som ikke nødvendigvis bliver reduceret tilsvarende. Når den samlede ændringssum når over 15/100-grænsen, eller hvis ændringen ikke direkte kan vurderes ud fra enhedspriserne, bliver afregningen for projektændringerne udført som regningsarbejde, medmindre andet er aftalt. Andre aftaler vil ofte være en form for tilbud fra entreprenøren, som der så kan forhandles om [Anlæg, 2007]. Udover de økonomiske konsekvenser for projektet, kan entreprenøren også kræve tidsfristforlængelser i forbindelse med bygherrens projektændringer. Dette er også en af betingelserne i AB92, hvori der står skrevet:

"§ 24. Entreprenøren har ret til forlængelse af tidsfrister ved forsinkelse af arbejdet, der er en følge af
1) *ændringer i arbejdets art og omfang, som kræves af bygherren, jf. § 14,..."* [Hansen, 1993]

Dette gælder for alle projektændringer, som er pålagt entreprenøren. Derimod kan bygherren ikke kræve udførelsesperioden afkortet, hvis der er reduktioner i entreprenørens arbejdes omfang. Det kan derimod resultere i en forlængelse af udførelsesperioden, da implementeringen af projektændringen, kan føre til forsinkelse af en reduceret aktivitet, hvilket forsinker hele byggeriet [Hansen, 1993].

Betingelserne omkring AB92 opsummerer de konsekvenser entreprenøren skal have godtgjort i forbindelse med bygherrens udstedelse af projektændringer. Disse konsekvenser påvirker derved det samlede projekt i forhold til tid og ressourcer. Det skal dog nævnes, at der udover de faktiske omkostninger ved projektændringen også vil være en meromkostning, som vil gå til drift, implementering og ændrede aftalevilkår, som entreprenøren vil have godtgørelse for. Derudover vil der lægges en større risiko til

projektet, da det kan hænde, at projektændringer ikke bliver implementeret ordentligt, og derved forøger ressource- og tidsforbruget [Anlæg, 2007].

6.1.7 Konsekvenser for entreprenørens planlægning

Uanset hvad en projektændring indeholder i udførelsesfasen, vil den altid have påvirkning på det arbejde, som skal udføres. Dette betyder, at de dokumenter, som har med arbejdets udførelse at gøre, skal opdateres med de nyeste data. Denne implementering af projektændringer påvirker dermed tidligere planer for udførelsen af projektet. Indenfor entreprenørens arbejdsområde er der tre faktorer, som især bliver påvirket af projektændringer: Tid, ressourcer og projektøkonomi [Anlæg, 2007].

I denne sammenhæng vil ressourcerne dække over elementer, som er medvirkende til arbejdets udførelse; oftest bemanning, materiel og materialer². Hvis en projektændring er skyld i en større eller mindre arbejdsmængde end planlagt, vil det altid føre til en ændring af ressourcerne. For en given aktivitet vil dette kunne resultere i enten en ændring af tidsforbruget eller en ændring i ressourcemængden. Det samlede ressourceforbrug for aktiviteten forbliver derimod det samme, men dette kan enten strækkes over længere tid eller forceres ved at tilføje flere ressourcer. Disse forhold er vigtige at tage i betragtning, når projektændringer skal implementeres. For ved en forøgelse af arbejdsmængden i forbindelse med projektændringer, skal ressourcerne eller tiden så forøges [Anlæg, 2007; Winch 2010]?

Projektøkonomien er ikke i samme grad forbundne med de to andre områder, men er snarere en konsekvens af de foretagne ændringer medmindre der direkte styres efter specifikke betalingsperioder. For at implementere projektændringerne skal det derfor vurderes, hvorvidt det er ressourcemængden eller tidsforbruget, som skal ændres. Der er både fordele og ulemper ved begge dele, og derfor skal det vurderes fra situation til situation [Anlæg, 2007].

En ændring af ressourceforbruget, vil ofte føre til forøgede omkostninger. Ved en lavere ressourcemængde vil det ofte føre til, at mandskab og materiel, som er dedikeret til de ændrede arbejdsområder, ikke bliver udnyttet optimalt, da der sandsynligvis ikke er tilsvarende arbejde som kan udføres. Ved en forøgelse af ressourcemængden, også kaldet en forcering, er der generelt to værktøjer, som kan benyttes overfor mandskabet [Anlæg, 2007]:

1. Overarbejde: Dette kræver tillæg til lønnen, hvilket øger omkostningerne. Derudover vil der opstå flere fejl og arbejds effektiviteten forværres, hvis arbejdsugen overstiger 40 timer. Til gengæld er der ikke ekstra udgifter til materiel, da dette bliver udnyttet bedre [Winch, 2010].
2. Mandskabsforøgelse: Der kan opstå fysisk pladsmangel, hvis der er for mange som arbejder indenfor samme område. Dette kan føre til større risiko for ulykker og arbejdsskader, samt en generelt dårligere arbejdsmoral med lavere effektivitet og flere fejl til følge. De direkte omkostninger for at udføre aktiviteten bliver derimod ikke forøget i forhold til en længere udførelsestid, da det ikke er ressourcemængden, men derimod ressourcefordelingen over tid

² Materialeforbruget er direkte afhængigt af mængderne og har derfor ikke betydning for tidsforbruget.

som bliver ændret ved en mandskabsforøgelse. Der er også problematikker omkring fremskaffelse af denne ekstra arbejdskraft, da det ikke er sikkert, at der er folk tilknyttet byggeprojektet som er til rådighed og der er derfor skal hentes mandskab udefra [Winch, 2010].

En ændring af en aktivitets tidsforbrug vil føre til uændrede ressourceforhold for den givne aktivitet. Derimod kan andre aktiviteter være påvirket af et forøget tidsforbrug. Dette kan føre til overflødig mandskab på disse aktiviteter, og en større forsinkelse, som kan påvirke hele projektet. Selvom bygherren ifølge AB92 kan være nødsaget til at give tidsfristforlængelser på grund af projektændringer, kan der stadig være andre udgifter forbundet med dette såsom materielleje og byggepladsomkostninger [Anlæg, 2007].

6.2 BIM

Bygningsinformationsmodellering, BIM, er en arbejdsproces, hvor bygninger designes, opføres og drives gennem digitale bygningsmodeller³. Disse modeller er karakteriseret ved at være tegnet i en central 3D-model og derudover at have data tilknyttet de enkelte bygningsdele. Det er den samme model, som benyttes af alle parter i byggeprojektet, og derved videreføres alle informationer om bygningen fra en part til den næste og fra fase til fase. De informationer der findes i bygningsmodellen kan benyttes som input til de enkelte projektdeltagere, hvorved informationen kan bearbejdes og sendes som output tilbage til modellen. På denne måde bliver den centrale bygningsmodel tilføjet flere og flere detaljer; ikke kun i designperioden, men i hele byggeriets levetid [DDB, 2010].

6.2.1 Objektbaserede parametriske modeller

De enkelte bygningsdele i BIM-modeller kaldes objekter, og er defineret af regler og begrænsninger. Dette betyder, at de enkelte objekter ikke er modelleret individuelt, men er snarere defineret ud fra relationer til modullinjer eller andre objekter. Dette giver muligheder for at ændre objekter uden, at de omkringliggende objekter skal tilpasses ændringen manuelt. Alle de oprindelige geometriske informationer ændres også i forhold til de ændrede dimensioner, så hele modellen er fuldt opdateret. Udover de geometriske data indeholder de enkelte objekter også informationer om objektets egenskaber og opbygning. Disse egenskaber defineres til dels ud fra overordnede bygningsdelstyper, og til dels individuelt for hvert objekt. Derved kan der dannes overblik over de forskellige objekter gennem den integrerede database, som er kendetegnet ved BIM. Disse informationer om objekter kan opdeles efter typer, og der kan laves statistik på disse data. For at kunne bruge disse data, kan der trækkes data ud fra BIM-modellen og benyttes i traditionelle regneark. Især udtræk af mængder, arealer og volumener for bygningsdele, er blevet fremhævet som en af fordelene ved BIM [Eastman, 2008].

³BIM er i denne rapport defineret som selve processen i lighed med Chuck Eastmans definition, og selve modellen vil derfor hedde en BygningsInformationsModellerings-model = BIM-model.

6.2.2 Processen for projekter som benytter BIM

Et byggeprojekt, som benytter metoderne for BIM, har samme udgangspunkt som et traditionelt byggeprojekt: Specifikationen detaljeres i projekteringen, som beskriver udførelsen. Designkonceptet for projektet gennemgår herigennem en konkretisering, som påvirkes af forskellige parter, der alle skal hente og genere informationer vedrørende projektet. Der hvor projekter, som benytter BIM, differentierer sig væsentligt fra traditionelle projekter er i informationsudvekslingen. Specifikationerne udarbejdes konkret til en bygningsmodel, som arkitekten har hovedansvaret for. Denne model overføres til de rådgivende ingeniører, som fastsætter konstruktioner og installationer, som så føres tilbage til arkitektens model. Afhængig af specifikke aftaler vil ingeniøren selv eller arkitekten tilføje ændringerne til den oprindelige model. Denne dataudveksling udføres løbende så projektet hele tiden bliver mere detaljeret [Eastman, 2008].

Efter udførelsesprojektet er blevet vundet af en hovedentreprenør, bliver der koblet underentreprenører og leverandører på projektet. Nogle af disse såsom facadeleverandører, betonelementfabrikker og installationsentreprenører står ofte selv for detailprojekteringen. Selvom disse er underlagt hovedentreprenøren vil deres designmæssige rolle være som den rådgivende ingeniørs: De skal designe tekniske løsninger indenfor arkitektens rammer. Derfor kan BIM-modellen også benyttes til at designe specifikke løsninger for de enkelt bygningskomponenter. Det vil især være ophæng og dimensioner, som er vigtige for resten af projektets parter. Underentreprenører og leverandører er dog stadig underlagt entreprenøren, og derfor kan resten af byggeriet ikke tilpasses deres løsninger uden en godkendelse fra bygherren. Så selvom disse er underlagt væsentlige andre kontraktuelle forhold, benytter de stadig BIM-modellen som en rådgiver [Eastman, 2008; Jensen, 2010].

6.2.3 Bygherrekravene

For at hjælpe byggebranchen på vej med indføring af digitale hjælpemidler, har regeringen og byggeriets organisationer oprettet initiativet *Det Digitale Byggeri*. Dette initiativ forsøger gennem standarder at udbrede en digitalisering indenfor bygge- og anlægsbranchen. Derudover er der fra 2008 indført ti krav til statslige bygherrer [DDB, 2010]. Disse krav gælder for alle statslige byggerier over en vis entreprisesum med undtagelse af renoveringsopgaver, som kun er underlagt nogle af kravene. Generelt kan kravene opdeles i tre kategorier [BEK, 2008].

- Projektweb; krav 1-3: Projektdokumenter er tilgængelige for alle parter på internettet.
- Bygningsmodel; krav 4-6: Krav om brug af bygningsmodeller til konkurrencer, projektering og mængdeudtræk. Det er op til den enkelte bygherre at definere krav til denne model.
- Digital proces; krav 7-10: Herunder stilles der krav til digitalt udbud og aflevering.

De statslige bygherrekrav 4, 5 og 6 er alle opdelt i to situationer. Forskellen på disse er entreprisens størrelse, da grænsen går ved en entreprisesum på 20 millioner kroner. De store projekter på over 20 millioner kroner skal stille krav om brug af bygningsmodeller både i konkurrencer (krav 4) og senere ved anvendelse i projekteringen (krav 5). Bygningsmodellen skal desuden gøres tilgængelig for de udførende

entreprenører, og skal også benyttes til mængdeudtræk for den beskrivende mængdefortegnelse (krav 6). De mindre projekter på under de 20 millioner kroner, skal kun stille krav om bygningsmodeller, hvis bygherren finder det hensigtsmæssigt i forhold til kvaliteten og økonomien for projektet [DDB, 2010; BEK, 2008].

Både den digitale proces og brugen af projektweb er traditionelle processer, som er gjort elektroniske. Selvom disse krav godt kan benyttes sammen med en BIM-model, kan byggeprocessen stadig være dokumentbaseret. Det er kun kravene omkring bygningsmodellen, som direkte lægger op til, at BIM benyttes i byggeprojekterne. Da der yderligere er et krav om at bygningsmodellen som anvendes til de statslige byggeprojekter er objektbaseret [BEK, 2008], vil der være tale om BIM-modeller. Derved anerkender staten, at BIM er vejen frem for byggebranchen. I bygherrekravene er der kun defineret krav til udarbejdelsen af BIM-modellen, men da de udførende også har ret til BIM-modellen lægges der op til en yderligere brug af denne. Når modellen allerede eksisterer vil det også være oplagt at benytte modellen hos de udførende på projektet.

6.2.4 Udvekslingsprocedurer

For at BIM skal kunne benyttes af entreprenører og andre parter i et byggeprojekt, er det vigtigt at kunne benytte en BIM-model på tværs af forskellige parter i projektet og deres respektive software. De forskellige udviklere af software til brug for BIM benytter som udgangspunkt egne filformater, som er ophavsretligt beskyttet. Det ses dog ofte, at de virksomheder som udvikler dette software inkluderer muligheder for at eksportere BIM-modeller direkte til andre softwareprogrammer, som de enten selv udvikler eller som de samarbejder med. Selvom denne overførsel af BIM-modeller foregår uden problemer, kan der stadig opstå behov for at benytte samme BIM-model i konkurrenternes software. Dette er især relevant for en entreprenør, da de softwareprogrammer som benyttes i forbindelse med økonomi og tidsplanlægning er meget specialiserede, og derfor findes der ikke nødvendigvis programmer som er kompatible med det program som BIM-modellen er modelleret i [Eastman, 2008].

For at imødekomme problemerne med overførsel af bygningsmodeller mellem softwareprogrammer, er organisationen IAI, *International Alliance for Interoperability*, blevet oprettet af industriaktører. Denne organisation udgiver IFC-filformatet, *Industry Foundation Class*, som er et neutralt format til brug for bygningsindustrien [IAI, 2010].

IFC er det officielle filformat, som kræves af statens bygherrekra, når der skal afleveres bygningsmodeller til bygherren; både i konkurrencer og anvendelse. Bygherrekravene, kombineret med manglende neutrale alternativer, har gjort IFC til dansk standard for BIM-modeller [DDB, 2010]. Internationalt er IFC også ved at blive anerkendt standard og er ved at blive oprettet som *International Standard ISO/IS 16739*. Desuden er mange andre lande heriblandt USA, Norge og Singapore som har udgivet lignende initiativer som det danske *Det Digitale Byggeri*, hvor IFC spiller en afgørende rolle [IAI, 2010; Eastman, 2008].

Selvom IFC forsøger at løse nogle essentielle problemer for BIM-samarbejdet, er der stadig behov for en yderligere integrering. Som filformat har IFC muligheder for at indeholde langt de fleste informationer som

benyttes i BIM-modeller i dag. Problemerne opstår ofte i forskellene mellem de forskellige programmer, som ikke nødvendigvis formår at kommunikere deres data. De forskellige programmer benytter forskellige metoder til at opnå samme funktioner; f.eks. henter nogle programmer geometrisk information i en database, mens andre beregner dem efter behov. Dette betyder, at IFC er den bedst tilgængelige metode i dag til overførsler af BIM-modeller mellem softwareprogrammer, men det skal ikke forventes, at denne proces medtager alle relevant data [Eastman, 2008].

6.2.5 Implementeringen af BIM

For at implementere BIM i et byggeprojekt drejer det sig i høj grad om at opbygge en kvalificeret organisation, og ikke kun investere i digital infrastruktur. Organisationen omkring BIM-processen bør ikke følge den etablerede organisationens hierarki, da BIM-kompetencerne bør være spredt over hele organisationen. Desuden er det ikke nødvendigvis de ledende personer i organisationen, som har de fornødne kompetencer i de relevante BIM-værktøjer. Personer med de største tekniske kompetencer får derved mere indflydelse på arbejdet omkring BIM. Der skal dog også være personer med organisatorisk erfaring for at lede processen, da implementeringen af BIM i høj grad er en organisatorisk udfordring. I lighed med en traditionel projektorganisation vil BIM-organisationen ledes af en BIM-manager. Dette svarer i høj grad til en teknisk leder, da den ansvarlige projektleder stadig har hovedansvaret for byggeprojektet [Hardin, 2009; Levring, 2010].

For at implementeringen af BIM kommer til at forløbe succesfyldt, er det vigtigt at BIM-manageren får stillet tid og ressourcer til rådighed, som denne mener, at der er behov for. En proces, hvori der er sparet for meget på ressourcerne eller ikke tildelt en tilpas mængde tid, kan resultere i en forfejlet BIM-proces, hvor de investerede midler ikke fører til resultater og projektet mislykkedes [Hardin, 2009].

6.2.6 Muligheder for BIM hos entreprenøren?

I BIM er der mange muligheder for at støtte entreprenøren i udførelsen og planlægningen af byggeprojekter. De nærmest automatiserede beregninger som rådgivende ingeniører kan benytte sig af i forbindelse med konstruktioner og installationer, kan dog ikke gennemføres for entreprenørens arbejdsopgaver, og derfor vil en BIM-model kun være en støtte til entreprenøren [Eastman, 2008].

Selve 3D-modellen kan benyttes til at visualisere sammenhænge og konstruktionsudformning, som ikke kan lade sig gøre i 2D-tegninger, og derved mindskes risikoen for misforståelser. Der kan desuden udføres en geometrisk kollisionskontrol ved hjælp af analytiske BIM-værktøjer. Det er især de tekniske fag, som har risiko for kollisioner mellem rørføringer og kabler, og da detailprojekteringen af disse ofte foretages af underentreprenører skal entreprenøren sørge for at disse informationer bliver samlet. Kollisioner opstår ofte når modelleringen foretages hos forskellige aktører, men når modellerne samles til en fælles BIM-model, kan disse identificeres og derved kan det forhindres, at bygningsdele kolliderer, når disse skal udføres på byggepladsen. Indirekte kollisioner, hvor bygningsdelene er for tæt placeret til at montagen kan foretages, kan også defineres for BIM-modellen. Når minimumsafstande til andre bygningsdele defineres

som kollisioner, så er det ikke kun selve bygningsdelene som undgår kontakt med hinanden, men der bliver også plads til montagen af disse og eventuel isolering [DDB, 2010; Eastman, 2008].

Selvom 3D-modellen i sig selv har mange fordele, er det BIM-modellens objekttegenskaber som virkelig skaber gode muligheder for entreprenørens muligheder for at planlægge projektet i detaljer. Heri gælder det både tidsplanlægning og økonomiske estimater og opfølgning.

Mængdeudtrækket fra BIM-modellen kan benyttes til en mere præcis priskalkulation end, hvad der kan benyttes ud fra en dokumentbaseret mængdeangivelse. Derved kan der hurtigt skabes et estimat på de reelle omkostninger til byggeprojektet. Prisen for et byggeri estimeres ikke kun på de mængder som BIM-modellen finder, da det kun er standard bygningsdele som kan baseres på mængder alene. Specialdele og modificerede katalogvarer skal der derfor også tages højde for i forbindelse med en estimering af omkostninger. BIM-modellen kan som udgangspunkt heller ikke give oplysninger omkring interimskonstruktioner, styring og udgifter til byggeplads, hvilket igen fører til at BIM-modellen er en støtte for entreprenøren frem for et automatiseringsværktøj [Eastman, 2008; DDB, 2010].

I lighed med økonomistyringen kan der for tids- og ressourceplanlægningen hentes mængder ud fra BIM-modellen, som kan benyttes til at definere aktiviteter til brug for planlægningen. De optimale muligheder for mandskab og tidsfordelingen på de enkelte aktiviteter skal dog udledes ud fra erfaringer og almen fornuft [Eastman, 2008].

Selvom mængdeudtrækket i sig selv er nyttigt for entreprenøren, kan der ved brug af dedikerede software-værktøjer kobles procesplaner omkring tid, økonomi og ressourcer til selve BIM-modellen. Dette vil sige, at de enkelte objekter kan få tilført data omkring pris og opførelsestider, sendt direkte fra procesplanerne. Når overførslen af det enkelte data foregår automatisk, kan ændrede objekter føre data tilbage til procesplanerne, så entreprenøren har bedre mulighed for at ajourføre disse [Hardin, 2009; Eastman, 2008].

Ved at koble opførelsestider til de enkelte objekter, kan der dannes sekvenser over byggeperioden, så udførelsen kan følges som en animeret proces. Denne visualisering af udførelsesprocessen giver entreprenøren et større overblik, og bedre muligheder for at finde frem til overlappende aktiviteter eller områder, hvori der ikke arbejdes, så byggeperioden eventuelt kan forkortes. Der er dog også fordele ved denne visualisering i forhold til projektets interessenter, da denne kan forklare udførelsen uden videre forklaring til bygherre, rådgivere, myndigheder og naboer, hvilket giver basis for en bedre kommunikation, og større tillid til projektet [DDB, 2010; Hardin 2009; Eastman 2008].

Selvom der kan hentes mange oplysninger fra BIM-modellen til brug for økonomi- og tidsplanlægningen, er det ikke sikkert, at BIM-modellen kan benyttes direkte. En rådgiver vil som regel udforme BIM-modellen i form af det færdige byggeri, men for den udførende entreprenør skal der også være informationer for interimskonstruktioner og en yderligere opdeling af aktiviteter før en BIM-model kan give et samlet billede. De færdige bygningsdele består som regel af flere sammensatte elementer. Derfor kan det give problemer for entreprenøren, hvis elementerne i disse bygningsdele skal udføres af forskellige faggrupper eller med

tidsintervaller. Nogle bygningsdele kræver desuden brug af interimskonstruktioner; enten i forbindelse med hærdetider eller til brug for tilgængelighed til bygningsdele. Det kan desuden være relevant at medtage større materiel, så frem disse skal være på pladsen i længere tid og kan have indflydelse på andet arbejde [Eastman, 2008].

6.2.7 Rettigheder over BIM-modellen

De statslige bygherrekravs punkt 5b nævner specifikt:

”Bygherren skal stille krav om, at bygningsmodellen (inkl. evt. fagmodeller) og øvrige CAD-filer stilles til rådighed for de udførende i som minimum i IFC format.” [BEK, 2008]

Derved bliver BIM-modellen til rådighed for både hovedentreprenøren og fagentreprenører. Dette betyder, at entreprenøren har muligheder for at udtrække alle de relevante oplysninger ud af modellen, og derefter at benytte BIM-modellen som støtte til procesplanerne.

Som et tillæg til de sædvanlige kontraktuelle forhold, oprettes en IKT-aftale, Informations og Kommunikationsteknologi-aftale, som er en samarbejdsaftale mellem bygherren og de enkelte parter i byggeprojektet og beskriver, hvilke metoder der benyttes til brug for kommunikation og information til de relevante parter i projektet. Dette er i høj grad et led i det digitale byggeri, og angiver, hvordan redskaber som BIM, projektweb, samt digitalt udbud og aflevering benyttes i det pågældende projekt. Konkret er det regler for IKT-aftalen, som danner grundlaget for implementeringen af de bygherrekravene i statslige byggeprojekter [DDB, 2010].

Det skal dog understreges, at i forhold til traditionelle kontraktforhold ved brug af AB92 er der intet at finde om bygningsmodeller [Hansen, 1993]. Derved har entreprenøren som udgangspunkt ikke ret til at få udleveret en BIM-model af rådgiverne, selvom sådan en benyttes i forbindelse med projekteringen. Derfor skal det være specifikt beskrevet i IKT-aftalen, at entreprenøren har adgang til en sådan model, før modellen kan kræves udleveret. Hvis rådgiveren ser det som en fordel at udlevere en BIM-model til entreprenøren, kan dette godt lade sig gøre, men ofte vil rådgiveren af ansvarsmæssige grunde ikke udlevere modellen [Hardin, 2009].

I modsætning til de beskrevne forhold i AB92, som gælder hoved- og fagentrepriser, vil totalentrepriser give mange muligheder for brug af BIM for entreprenøren. Da det er totalentreprenøren, som har bygherrerollen overfor rådgiverne, kan der kræves en BIM-model udleveret som en del af rådgiverydelsen. Derudover kan en totalentreprenør opstille forudsætninger for denne model. Dette kan være krav til opdeling af objekter i henhold til aktiviteter, filformat og eventuelt software, som kan sikre gnidningsfrie overførsler. Totalentreprise giver derved optimale forhold til BIM-processen, da hele processen er centralt styret, og især for udførelsen af byggeriet er der gode vilkår for benyttelse af BIM [Eastman, 2008; Hardin, 2009].

7 Metodebeskrivelse

For at kunne arbejde konkret med casen, arbejdes der med to eksempler på projektændringer fra Industriens Hus. Der skal laves en undersøgelse af hvordan disse er blevet behandlet på byggeprojektet for at have baggrundsinformation, der kan benyttes som sammenligningsgrundlag for de erfaringer, der opnås ved at benytte BIM. Denne baggrundsinformation kan ikke findes gennem litteraturstudier og derfor vil dette undersøges gennem interviews. De samme projektændringer undersøges også ved brug af BIM-værktøjer. Derved kan der dannes erfaringer for de muligheder, som BIM giver entreprenøren for at håndtere projektændringer.

For at kunne arbejde med projektændringerne fra casen skal der undersøges en række forhold, som udspringer af afsnit 6.1.3, og de fire forskellige faser i forbindelse med håndteringen af projektændringer: Forslag, konsekvens, godkendelse og implementering.

7.1 Interview

For at kunne drage paralleller mellem den undersøgte teori og casen omkring Industriens Hus, er det oplagt at tale med personer som arbejder på sagen til daglig. Igennem interviews vil det være muligt at indsamle informationer, som ikke eksisterer skriftligt, og derved kan der kobles praktiske erfaringer på den teoretiske viden.

Der er taget kontakt til Rasmus Møller Jensen fra Pihl, som er projekteringsleder for facaderne på Industriens Hus. Til dagligt arbejder han med grænseflader mellem betonkonstruktionerne og facaderne, og i relation til dette har han også at gøre med Rambøll's konstruktionsmodel. Han ved derfor en masse om de allerede indførte projektændringer, men også om BIM-modellen som helhed. Denne information kan benyttes til at analysere baggrunden for selve projektændringerne i processen, og processerne for samarbejdet omkring BIM kan identificeres, så brugbarheden af de modeller som stilles til rådighed for projektet kan vurderes. Interviewet udføres som en uformel samtale over telefonen, og referatet er vedlagt som bilag 1.

7.2 Praktisk brug af case-model

For at kunne vurdere BIM's muligheder for at håndtere projektændringer, er det nødvendigt at arbejde med forskellige praktiske metoder for at vurdere deres relevans. Da alt arbejde med BIM er softwarebaseret, afhænger mulighederne for det praktiske arbejde af den software, som er til rådighed, samt de begrænsninger som dette software indeholder.

Der er af E. Pihl og Søn A.S stillet tre versioner af konstruktionsmodellen for Industriens Hus til rådighed for projektet. Disse modeller består af en udbudsmodel fra den 1. november 2009 og to

projekteringsmodeller fra den 5. og 15. november 2010, som er udgivet successivt efter hinanden. De er udarbejdet af Rambøll, og modelleret i *Tekla Structure*. Der er dog stadig mange objekter i modellerne, som skal ændres, da modellerne ikke er klar til udførelse. Den nyeste model fra den 15. november 2010 vurderes at være 85 % færdig, hvor kælderen snart er klar til udførelse som det første [Jensen, 2010].

Disse modeller skal sammenlignes, og derfor skal der benyttes analytiske BIM-værktøjer, som kan sammenligne forskellige BIM-modeller. Dette skal benyttes til at identificere alle objekter, som ikke har samme placering på begge modeller. Derved identificeres konkrete forskelle på revisioner af samme model, som kan benyttes til at overskue omfanget af projektændringer. For at dokumentere omfanget af de enkelte projektændringer i dette projekt, vil programmet *Solibri Model Checker* blive benyttet til at identificere konsekvenser ved projektændringer, og de præcise procedurer ved at anvende programmet vil blive undersøgt.

For at kunne implementere de nødvendige ændringer i procesplanerne, vil det være nødvendigt at benytte softwareprogrammer med management-funktioner. Dette kræver, at der er sammenhænge mellem den eksisterende model og tids-, ressource- og økonomiplaner. Hvis denne sammenhæng ikke eksisterer, vil processen omkring implementeringen foregå manuelt. Da der til *Tekla Structure* er mulighed for at tilknytte *Construction Management*, vil dette blive benyttet, da den udleverede bygningsmodel allerede er modelleret i *Tekla Structures*. *Construction Management* indeholder funktioner, så der kan arbejdes med tidsplanlægning. Det vil være relevant at undersøge, hvordan sammenhængene er mellem objekterne i modellen og aktiviteterne i tidsplanen. Derudover skal mulighederne for at opdatere modellen også undersøges, da en eventuel tidsplan skal kunne føres fra en modelversion til en anden uden at gentage hele processen.

Koblingen mellem tidsplanen og bygningsmodellen benyttes som eksempel på, hvordan procesplaner kan kobles til objekterne i bygningsmodellen, og det antages at fungere på samme måde for ressourcer og økonomi ved brug af dedikerede softwareprogrammer.

8 Erfaringer fra casen

8.1 Projektændringer fra casen

På Industriens Hus er der foretaget mange projektændringer siden Pihl vandt entreprisen. Det er dog ikke alle projektændringer, der er lige interessante. Der er for projektet valgt to projektændringer, der ønskes arbejdet videre med: Ændring af visse dæk fra betonelementer til insitustøbt beton og ændring af udstøbte søjler til omstøbte søjler.

8.1.1 Projektændring: Dæk

Ifølge Rambølls oprindelige betonprojekt, består de nye etager, som skal tilføjes den oprindelige konstruktion, udelukkende af betonelementer. Alle dæk er huldæk, som produceres industrielt og derfor skal gentages så meget som muligt. Ud mod H. C. Andersens Boulevard skal den eksisterende fløj udvides ud mod vejen og ikke kun i højden. Matriklen er dog bygget sådan op, at denne udvidelse ikke kommer til at være rektangulær og der opstår derved nogle stumpe vinkler. Inde i selve atriet får siderne desuden ikke rette vinkler. Dette betyder, at de dæk, som skal have skæve kanter enten skal specialproduceres eller også skal de tilskæres på pladsen [Jensen, 2010].

Pihl mener, at en specialproduktion eller tilskæring vil være for besværligt. Desuden er der en risiko for at vinklerne ikke passer, når elementerne skal monteres. Derfor vil Pihl hellere støbe disse dæk på stedet. Konkret lægges der trapezplader ud, og så udstøbes der på disse. Rambøll har også anerkendt fordelene ved insitu-dækkene, da dette også giver bedre mulighed for at hæfte dækkene til facadebjælkerne [Jensen, 2010].

8.1.2 Projektændring: Søjler

I det oprindelige Industriens Hus fra 1979 løb der ventilationsrør gennem de fleste af de bærende søjler. Dette bliver dog ikke gentaget i forbindelse med det nye Industriens Hus, da de eksisterende søjler skal forstærkes på grund af den ekstra masse, som de nye etager tilføjer konstruktionen [Jensen, 2010].

Rambøll har derfor i udbudsmaterialet lagt op til, at hulrummet i de eksisterende søjler, kunne udnyttes til at forstærke søjlen ved at udfylde disse med armeret beton. Pihl har dog ikke ment at dette er realistisk. Derfor er det blevet besluttet, at disse skal omstøbes. Derved fjernes de eksisterende søjler og erstattes af nogle nye. Rambøll har desuden benyttet muligheden for at ændre søjlernes profil; fra at være rør bliver de nu elliptiske [Jensen, 2010].

8.2 Solibri Model Checker

I arbejdet med *Solibri Model Checker* [Solibri, 2010], er der taget udgangspunkt i de to projektændringerne fra casen. Disse projektændringers omfang skal dokumenteres, og en af *Solibris* fordele

er at forskellige modeller kan importeres og sammenlignes. Der kan ikke modelleres i *Solibri*, men til gengæld kan modeller analyseres for inkonsistens og kollisionskontrol; både indenfor samme model og flere modeller.

Modellerne fra 1-11-09 og 15-11-10 åbnes i *Tekla Structure*, men eksporteres til IFC-formatet. *Solibri* arbejder primært med IFC-filer, og derfor vil al den information som *Tekla* eksporterer, kunne blive inddraget i *Solibris* processer.

De to modeller importeres til *Solibri*, og behandles med regelsættet *Model Revision Comparison – Structure*. Dette regelsæt sammenligner de to versioner af samme bygning og registrerer samtlige ændringer, der er foretaget mellem de to. Denne proces genererer 516 tilføjede objekter 226 fjernede objekter og 11.328 ændrede objekter. Det skal bemærkes, at de mange ændrede objekter skyldes en ændring i navnet for store dele af betonen; fx. *Concrete/M30N32* → *M30N32*.

Udover en masse data generer *Solibri* også 3D-visualiseringer af ændringerne, som ses på Illustration 5 og Illustration 6. Her er alle områder, som er tilføjet, markeret som blå, og alle områder, som er fratrukket, er markeret som rød. Derved kan der hurtigt dannes et overblik over de aktuelle elementer.

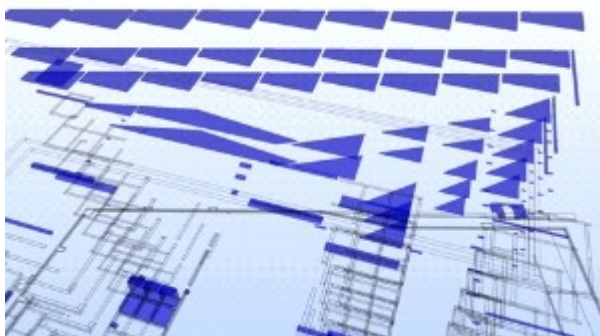


Illustration 5: 3D-visualisering af alle de tilføjede objekter [Solibri].

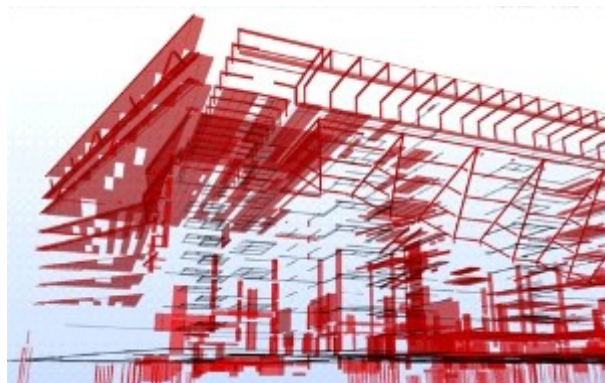


Illustration 6: 3D-visualisering af alle de fjernede objekter [Solibri].

I *Solibri* er der også mulighed for at udskrive rapporter. Disse kan som udgangspunkt udskrives som pdf- eller rtf-filer. Rapporterne er opdelt i to dele: en mængderapport og en detaljerapport. Mængderapporten er opstillet skematisk og er opdelt efter geometri. Den detaljerede rapport opstiller derimod samtlige elementer, der er ændret i mellem revisionerne, og indeholder op til 9 forskellige ændringer. For de to versioner af Industriens Hus giver dette en samlet rapport på 1.320 sider i rtf-format, hvilket ikke er overskueligt.

8.2.1 Omfang af projektændring: Dæk

Ud fra rapporten kan der hentes information ud om det enkelte elementer. For huldækkene som ændres til insitu-dæk, kan der udledes information om projektændringen. I dette eksempel undersøges kun de dæk, som bærer taget.

I modellen ændres *Beam TRPZM265*1200-1190* til en *Slab* med tykkelsen 270 mm. Disse er visualiseret i 3D-visualiseringerne, se Illustration 5 og Illustration 6, og kan findes i rapporten og mængden af de nye dæk kan udregnes:

270*3433	15,08	m2
270*3434	15,09	m2
270*3436	15,12	m2
270*3445	15,22	m2
270*3446	15,23	m2
270*3518	15,66	m2
270*3585	16,07	m2
270*3651	16,47	m2
270*3665	16,5	m2
sum	125,36	m2

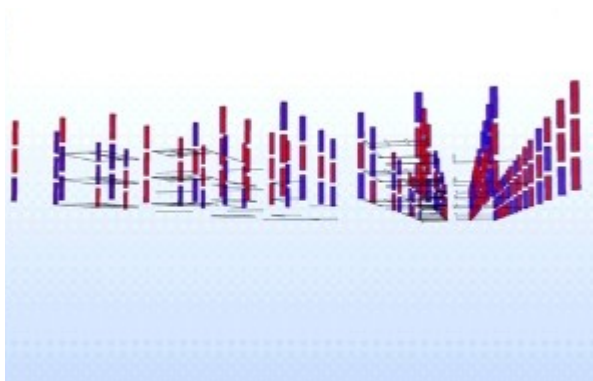
Det er derimod sværere at identificerede oprindelige betonelementer, da disse ikke er unikke elementer som insitu-dækkene. Bjælkerne regnes desuden i længde og ikke areal.

Umiddelbart findes betonelementerne, defineret som *Beam TRPZM265*1200-1190*, men mængden for denne er reduceret med -2588,92 m. Da der tidligere var 31 betonelementer med en længde på mellem 1 og 6,5 m, der være forhold som ikke er taget med i beregningen. Ved nærmere undersøgelse er der 467 elementer af typen *TRPZM265*1200-1190* som er ændret til *TRPZM270*1200-1190* og disse har en samlet længde på 2452,53 m. Der er dog tilføjet to ekstra *TRPZM270*1200-1190* bjælker med en længde på 5,90 og 6,03 m, som så skal trækkes fra de 2452,53 m til en længde på 2440,60 m, som er længden de bjælker som ændres fra typen *TRPZM265*1200-1190* til *TRPZM270*1200-1190*. Derved findes en samlet længde på de bjælker, som er erstattet af insitu-dækkene til $-2588,92 + 2440,60 = -148,32$ m. Dette betyder at de 148,32 m betonelementer svarer til 125,36 m² insitu-dæk, og selvom elementerne bør være 1200 mm brede, er de fleste af disse tilskåret op til 50 %.

8.2.2 Omfang af projektændring: søjler

Projektændringen, som ændrer de udstøbte søjler til omstøbte søjler, kan også relativt enkelt defineres ud fra mængder. I modsætning til projektændringen omkring dækkene, er dette objekter, som er blevet ændret, frem for objekter, som først slettes og derefter bygges op igen, hvilket var tilfældet ved de ændrede dæk. Derfor er kan denne ændring også overskues bedre gennem 3D-visualiseringen, som det ses på Illustration 7.

De udstøbte søjler er defineret som *TUBE550*120* i *Solibri*, og der er 554,88 m af denne type søjle i udbudsmodellen fra d. 1-11-09. Tilgængeld er der 538,56 m af de omstøbte søjler, defineret som *D750*220*, i den nyere version fra d. 15-11-10. Der er dog syv udstøbte søjler af 2,72 meters længde, som ændres til noget andet end *D750*220* søjler, mens en søjle ændres fra en fjerde søjletype til omstøbt søjle. Derved er der alt i alt 535,84 m udstøbt søjle som skal omstøbes.



*Illustration 7: 3D-visualisering af de ændrede søjler.
Da alle søjlerne både får tilføjet og fjernet masse er
farverne ikke konsekvente [Solibri].*

8.3 Tekla Structures Construction Management

8.3.1 Task Manager

I tillægsprogrammet *Construction Management* [Tekla, 2010] til *Tekla Structures* findes der muligheder for at koble en tidsplan til BIM-modellen med *Task Manager*. Der kan enten importeres færdige tidsplaner fra fx. *Microsoft Project* eller der kan genereres egne tidsplaner i programmet. Under selve genereringen af disse tidsplaner kan objekter fra modellen kobles på de enkelte aktiviteter uden at indvirke på tidsplanen. Aktiviteterne i tidsplanen kan derudover tildeles en typedefinition, som kobler objekternes mængder sammen med tidsforbruget, så der kan dannes produktionsrater for hver aktivitet.

Der er for Industriens Hus taget fat på de to øverste dæk; dækkene over sjette og syvende etage. Der genereres to aktiviteter for udbudsmodellen fra d. 1-11-09. Disse kobles til betonelementerne fra de to øverste dæk, og der tilføjes en typedefinition, hvor arealet vælges som betegnelse for mængden.

Da det tager en betonarbejder 16 minutter at montere 1 kvm betonelementdæk [V&S, 2010] og det antages at der er 30 betonarbejdere på pladsen ad gangen, så giver dette en produktionsrate på ca. 120 kvm pr. time. Dette er forsøgt opnået for de to etagers dæk. Derved skal der afsættes 8 dage til hver etage for dækmontagen, som det ses på Illustration 8.

	Task Name	Task Type	Planned Production Rate	Planned Duration	Planned Start Date	Planned End Date	Q1 2011		
							Jani	Februar	Marts
1	Dæk at 7.	Dæk	124.82 m ² /h	8 d	01-03-2011	10-03-2011			
2	Dæk at 6.	Dæk	116.52 m ² /h	8 d	07-02-2011	16-02-2011			

Illustration 8: Gantt-visning fra Task Manager af betonelementerne på 6. og 7. etage fra modellen fra d. 1-11-2009 [Tekla].

Denne tidsplan importeres til den nyere version af Industriens Hus fra d. 15-11-10. I denne proces medtages alle aktiviteterne, som de er defineret i den oprindelige tidsplan, bortset fra sammenhængen til

objekterne i modellen ikke eksisterer, så produktionsraten heller ikke kan defineres. Derudover er egenskaberne for aktivitetstypen heller ikke blevet overført.

De to aktiviteter bliver herefter koblet til alle betonelementerne på de respektive etager, og aktivitetstypen rettes til. Dette giver en lavere produktionsrate end for den oprindelige model på grund af projektændringen for dækkene ændre nogle af elementdækkene til insitu-dæk. Dette er illustreret på Illustration 9.

	Task Name	Task Type	Planned Production Rate	Planned Duration	Planned Start Date	Planned End Date	Q1 2011	
							Jan	Februar
1	Dæk et 7.	Dæk	118,66 m ² /h	8 d	01-03-2011	10-03-2011		
2	Dæk et 6.	Dæk	110,59 m ² /h	8 d	07-02-2011	16-02-2011		

Illustration 9: Gantt-visning fra Task Manager af betonelementerne på 6. og 7. etage fra modellen fra d. 15-11-2010 [Tekla].

Insitu-dækkene tilføjes derfor som ekstra aktiviteter til den enkelte etage, som det ses på Illustration 10. Der kan produceres 2,36 kvm pr. time pr. mand [V&S, 2010], hvilket giver 14,75 kvm pr. time for 30 mand. Derved skal der afsættes 3 dage for insitu-dækkene på hver etage, men da produktionen derved bliver lavere end muligt kan sjette etages elementdæk også udføres hurtigere, og skal dermed kun optage 7 dage.

	Task Name	Task Type	Planned Production Rate	Planned Duration	Planned Start Date	Planned End Date	Q1 2011	
							Jan	Februar
1	Dæk et 7.	Dæk	118,66 m ² /h	8 d	01-03-2011	10-03-2011		
2	Dæk insitu 7.	Dæk	13,56 m ² /h	3 d	11-03-2011	15-03-2011		
3	Dæk et 6.	Dæk	126,39 m ² /h	7 d	07-02-2011	15-02-2011		
4	Dæk insitu 6.	Dæk	12,10 m ² /h	3 d	16-02-2011	18-02-2011		

Illustration 10: Gantt-visning fra Task Manager af betonelementerne og insitu-dækkene på 6. og 7. etage fra modellen fra d. 15-11-2010 [Tekla].

Det vil sige, at ændringen af dækttype fra element til insitustøbt giver en forøgelse af tiden på to og tre dage for henholdsvis sjette og syvende etage. Da der er lignende situationer på de resterende etager, vil dette føre til en længere udførelsestid. Da arbejdet dog er i et begrænset område og af en væsentlig anderledes karakter, kan det eventuelt være muligt at gennemføre insitustøbningen senere i forløbet.

8.3.2 Project Status Visualisation

Tekla Construction Management kan også visualisere udførelsesforløbet for byggeprojektet ved at benytte funktionen *Project Status Visualisation*. Hvis der er defineret udførelsesdatoer for de enkelte objekter i modellen, kan der indtastes en opfølgingsdag, hvorved de objekter, som bør være udført, vises. Som eksempel vises hvorledes dækkene over sjette og syvende etage udføres for modellen fra d. 15.11.10.

Bygningen opdeles i tre dele foruden de fire aktiviteter fra *Task Manager*: Tidligere aktiviteter, mellem aktiviteter og efterfølgende aktiviteter. Disse angives til at begynde henholdsvis før dækkene over sjette

etage påbegyndes, i tidsrummet mellem de to dæk udføres, og de aktiviteter, som ligger efter, at syvende etages dæk er udført. Aktiviteterne fra *Task Manager* kan automatisk overføres, men på grund af tekniske fejl er de indtastet manuelt for objekterne inkluderet i de fire aktiviteter. Der kan herefter bladres frem og tilbage i kalenderen, så der vises øjebliksbilleder, som kan ses på Illustration 11, men der kan ikke vises animerede film.

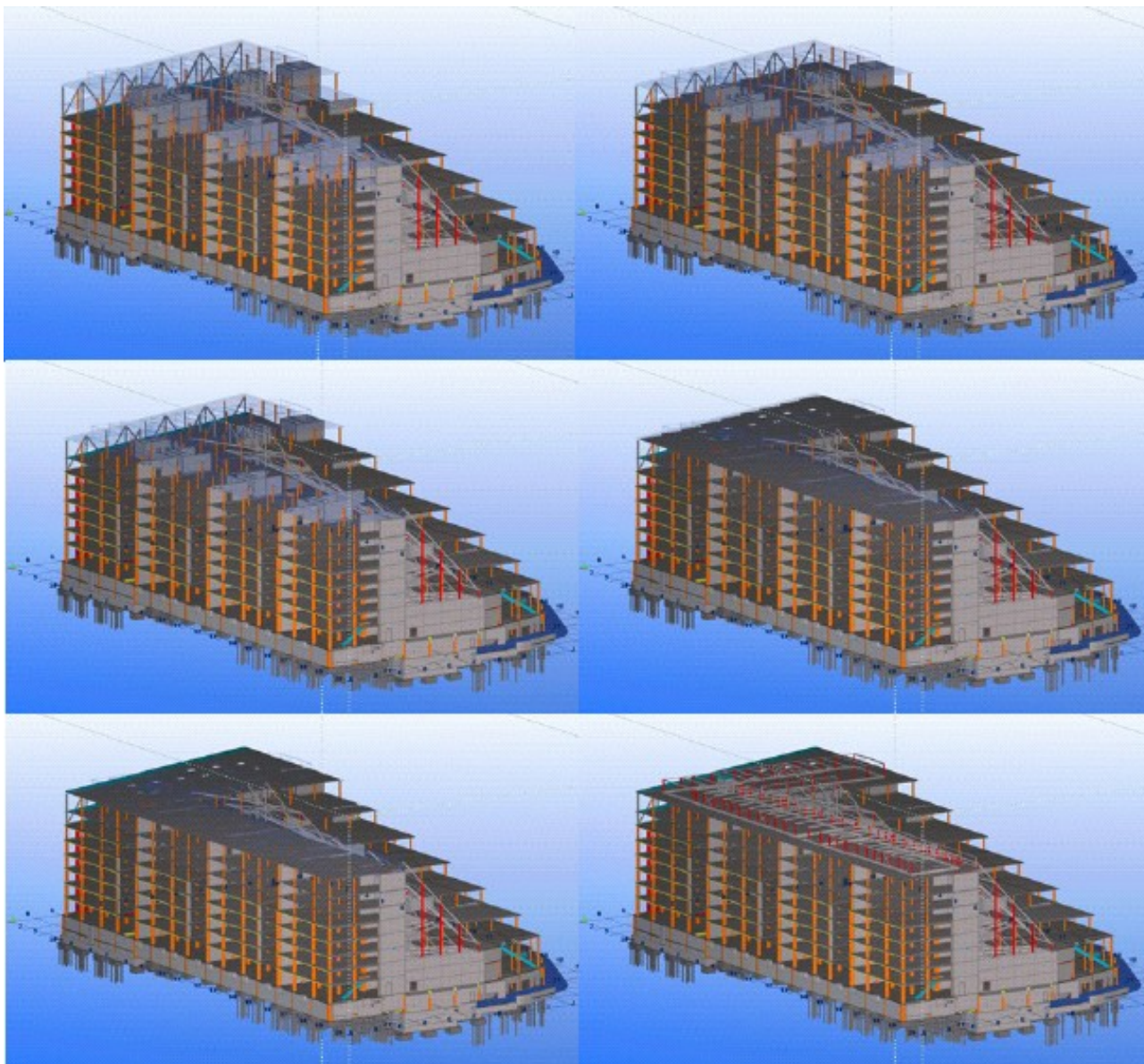


Illustration 11: Udførelsessekvens af rækkefølgen for dækkene over 6. og 7. etage fra modellen fra d. 15-11-2010 [Tekla]

9 Analyse af case-arbejdet

I forbindelse med casen, Industriens Hus, er der arbejdet med to projektændringer: Ændring af betonelementdæk til insitu og ændring af udstøbte søjler til omstøbte. For at kunne lave en general vurdering af de fremkomne erfaringer fra afsnit 8.2 og 8.3 vil disse blive sammenholdt med baggrunden for projektændringerne fra afsnit 8.1 og teorien omkring projektændringer fra 6.1.

Formålet med at ændre betondækkene fra element til insitu, var at minimere de risici, som Pihl mente kunne opstå i forbindelse med at elementerne skulle tilpasses bestemte vinkler, før de blev monteret. Derved har det været Pihl's intention med ændringsforslaget at ændre de allerede projekterede betonelementer for at forhindre en besværlig montage og at vinklerne ikke passede på pladsen. De mange enkeltelementer vil desuden have ført til mere administration. Pihl har derfor indført projektændringen for at begrænse risici, og derved må denne ændring anses for at være en præventiv projektændring.

Ændringen af de udstøbte søjler til omstøbte er ikke så enkel at placere efter ændringskategori. Da Pihl ikke har ment, at udstøbningen har været realistisk, omhandler problemet bygbarheden i løsningen, da Rambøll har vurderet det som en fornuftig løsning. Pihl vil mene at Rambøll har lavet en fejlsvurdering, som skal repareres, mens Rambøll vil nærmere se projektændringen som en prævention. Da søjlens form også ændres i forbindelse med omstøbningen, kan dette også ses som en optimering. Selve projektændringen gennemgår derved en ændring fra at være et problem til at føre til en optimering.

Når baggrunden for projektændringerne er etableret, skal der redegøres for konsekvenserne. De direkte konsekvenser er blevet fundet ved brug af *Solibri Model Checker*. Her er alle mængderne for ændringerne blevet udledt, hvilket skaber et overblik over omfanget af projektændringerne. Disse data siger ikke i sig selv noget om de konsekvenser som projektændringen har, men dataene kan benyttes til at forstå de enkelte konsekvenser for byggeprocessen. Når der ændres 535,84 m søjler fra de udstøbte til de omstøbte, kan enhedspriserne give hurtigt overblik over udgifterne eller besparelserne for denne ændring. Hvis de omstøbte søjler er tre gange dyrere end de udstøbte, fører dette til en direkte merudgift. På samme måde kan et overslag over tidsforbruget, give en indikation af om tidsplanen kan holdes. De præcise udgifter er afhængig af tidsplanen, som beskrevet i afsnit , hvor en forcering med overarbejde vil føre til større udgifter.

De indirekte konsekvenser af projektændringerne for tidsplanen, er fundet ved at benytte *Construction Management's Task Manager*, som illustrerer hvorledes en procesplan kan være påvirket af projektændringerne, og hvordan procesplaner kan kædes sammen med modellen, og derved kan samtlige konsekvenser for processen identificeres. Det bemærkes, at projektændringerne bliver implementeret i procesplanerne, som ellers først ville være aktuelt i implementeringsfasen. Til gengæld består denne fase så i en distribution og kommunikation af disse planer efter, at projektændringen er blevet godkendt.

Der er i forbindelse med *Task Manager* lavet en del beregninger for at finde produktionsraten, hvilket ikke har været et problem, når der kun arbejdes med to til fire aktiviteter, men som kan føre til meget

arbejde, hvis dette skal gøres for et helt byggeprojekt. Derudover skal de enkelte objekter i modellen også tilføjes aktiviteterne i tidsplanen manuelt, da der principielt skal arbejdes i en anden model, når nye revisioner gennemføres eksternt hos rådgiveren. For store modeller vil dette igen føre til meget manuelt arbejde.

Generelt er hele processen omkring tidsplanen baseret på traditionelle arbejdsmetoder, men med mulighed for at kontrollere disse i forhold til BIM-modellen. Dette kan føre til en optimering af den eksisterende tidsplan, når de enkelte aktiviteter bliver koblet direkte på bygningsdelene.

Selvom *Construction Management's Project Status Visualisation* er ren visualisering, kan disse visualiseringer stadig benyttes i forbindelse med projektændringer. Bygherren forstår ikke nødvendigvis konsekvenserne for de projektændringer, som de skal godkende, og her hjælper en visualisering af udførelsesprocessen til forståelse af processen. Derved kan bygherrens beslutninger tages under bedre forudsætninger, hvilket giver entreprenøren bedre vilkår for at få refunderet omkostningerne i forbindelse med projektændringerne. Når udførelsestidspunkterne for aktiviteterne fra *Task Manager* kan overføres automatisk til de enkelte objekter, kan denne visualisering desuden oprettes uden videre manuelle indtastninger, og hvis hele bygningsmodellen indgår som en del af tidsplanen, kan der generes præcise sekvenser af byggeriets udførelse. Disse sekvenser kan også benyttes til underentreprenører, rådgivere og andre interessenter bedre kan forstå projektændringernes konsekvenser i implementeringsfasen, som i høj grad også omhandler kommunikationen af projektændringernes indførelse.

10 Vurdering af BIM's muligheder ved projektændringer

10.1 Forslagsfasen

For at kunne arbejde med BIM i forbindelse med godkendelsesproceduren for projektændringer, skal der være en sammenligning af den eksisterende situation med den nyopståede. Dette kræver at BIM-modellen skal opdateres, hvor alle de foreslåede projektændringer tilføjes. Det vil sige at de foreslåede projektændringer modelleres, før de er godkendt. Denne ikke-godkendte version skal herefter distribueres til de relevante parter i projektet, for at projektændringernes konsekvenser kan analyseres.

Før det er relevant at stille et ændringsforslag, skal der opstå situationer, hvor allerede etablerede processer eller produkter skal ændres. BIM kan være med til at identificere processer, som skal ændres af forskellige årsager.

Kollisionskontrol ved hjælp af analytiske BIM-værktøjer kan afsløre både direkte og indirekte kollisioner. De direkte kollisioner betegnes som en fejl i projektet, og derfor skal der foretages en reparationsændring for at løse problemet, mens de indirekte kollisioner tilføjer projektet unødige risici, så derfor skal der foretages en præventiv projektændring.

3D-modellen i sig selv kan også benyttes til at identificere projektændringer. Ved at se modellen igennem bliver det tydeligt, hvornår der objekter, som ikke er hensigtsmæssige. BIM kan i denne sammenhæng rent visuelt føre til at fejl identificeres, som kan rettes op gennem reparationsændringer.

De rådgivende ingeniørers mange typer af software, kan i den løbende proces, hvor der sendes informationer rundt mellem parterne, foretage simuleringer, som viser, at tidligere antagne dimensioner på konstruktioner eller rørføringer har været væsentligt under- eller overdimensionerede. BIM kan i denne sammenhæng føre til, at der bliver foreslået korrigerende eller optimerende projektændringer.

10.2 Konsekvensfasen

Som beskrevet i afsnit 9 kan BIM benyttes på to måder for at støtte entreprenøren i sin bestræbelse for at redegøre for projektændringers konsekvenser:

1. Analytiske BIM-værktøjer kan benyttes til at lave en direkte sammenligning af mængderne for den eksisterende BIM-model og ændringsforslaget, og derigennem fås de specifikke mængder på de ændrede objekter i modellen.
2. Procesplaner knyttes til BIM-modellen fra ændringsforslaget og de informationer, som modellen kan tilføje planerne, implementeres i planerne. Disse informationer kan bidrage til at opdatere procesplanerne i forhold til ændringsforslaget. Derved kan konsekvenserne for projektændringerne detaljeres yderligere end, hvad mængderne alene kan redegøre for.

For de to metoder beskrevet ovenfor er der en grænse for, hvornår det er nødvendigt at gennemføre en fuld implementering i procesplanerne. Ved mindre projektændringer kan disse passes ind i eksisterende procesplaner, mens der for de større projektændringer kan være mere uoverskuelige konsekvenser. I AB92 er der dog en klar grænse for, hvornår der tages udgangspunkt i enhedspriser frem for en bredere betragtning: Når projektændringen er under 15 % af entreprisesummen eller under 100 % af én af posterne i tilbudslisten. Da der i disse tilfælde arbejdes med enhedspriser, vil det være uhensigtsmæssigt at benytte andet end mængderne fra ændringssammenligningen fra et analytisk BIM-værktøj. Der kan på disse mængder tilføjes en enhedspris, og derved kan der hurtigt refereres tilbage til bygherren. Disse projektændringer kan også have indflydelse på tidsplanen, men konsekvenserne kan også vurderes ved brug af tidsforbruget pr. enhed, så man slipper for at lave en komplet implementering for planen.

Ved hjælp af de analytiske BIM-værktøjer kan der hurtigt dannes et overblik ved importering af to revisioner af samme model. Der kan selvfølgelig også trækkes mængder ud for hver revision, som der undersøges, og herefter kan disse sammenlignes. Sammenhængene og forståelsen for projektændringerne vil derimod gå tabt, da de specifikke ændringer ikke nødvendigvis kan følges. Når der arbejdes med revisioner fra rådgiveren, bliver opdateringen af procesplanerne mere besværlig for entreprenøren. Da der allerede er produceret procesplaner for projektet i den tidlige version, som er koblet til modellen, skal både plan og kobling opdateres på ny. Dette vil resultere i, at alle de etablerede sammenhænge mellem model og planer, skal genetableres hver gang der kommer nye revisioner af BIM-modellen. På trods af det meget arbejde, der er i forbindelse med at sammenkoble aktiviteter og objekter i bygningsmodellen, kan der dog stadig opnås mange fordele ved denne sammenkobling.

10.3 Godkendelsesfasen

Det er bygherren som skal godkende projektændringer, og derfor er det ikke entreprenørens ansvar at være involveret i denne fase. Der kan dog være mange grunde til, at entreprenøren gerne vil påvirke bygherren. Det vigtigste for entreprenøren er, at de udgifter som opstår i forbindelse med projektændringen dækkes, men det kan også være, at bygbarhed og tidsforbrug spiller ind. BIM kan i denne sammenhæng visualisere projektændringernes konsekvenser for bygherren. Dette kan både gøres ved hjælp af 3D-modellen som den er eller ved at lave udførelsessekvenser for byggeriets. Visualiseringer kan benyttes som kommunikative redskaber, som skaber overblik og forståelse af sammenhænge for en bygning. Derfor vil det altid være nyttigt at kunne skabe en mere kvalitativ kommunikation, da mangelfuld kommunikation er en væsentlig risiko ved projektændringer.

10.4 Implementeringsfasen

Implementeringen af projektændringerne drejer sig om to ting: Indføre projektændringerne i procesplanerne og kommunikation af disse. Der kan også være situationer, hvor allerede opførte bygningsdele skal ændres. Dette er en yderligere tilføjelse af aktiviteter til procesplanerne, og bør være

medregnet i konsekvenserne. Procesplanerne kan også være opdateret i forbindelse med konsekvensfasen, og derfor drejer implementeringen af projektændringerne i høj grad om at projektdeltagere skal forstå disse projektændringer. Her kan BIM være en hjælp på samme måde, som det kan hjælpe bygherren med at forstå konsekvensen for projektændringen. Ved at visualisere bygningen og dens opførelse kan entreprenøren vise de resterende parter i projektet, hvordan projektændringen vil påvirke udførelsesrækkefølgen.

10.5 Alternative muligheder for digital håndtering af projektændringer

Selvom denne rapport har arbejdet med udgangspunkt i en hovedentreprise, hvor BIM er implementeret hos samtlige projektparter, kan metoderne der er arbejdet med stadig være nyttige for andre situationer. Det er dog svært at benytte de metoder, som der er arbejdet med for projekter, hvor der ikke benyttes BIM overhovedet. Der kan dog for projekter, som i mindre grad benytter BIM, stadig benyttes nogle af disse metoder. Især forudsætningen om, at ændringsforslag modelleres før projektændringen er godkendt, er meget ressourcekrævende, og hvis projektændringen afvises, er alt dette arbejde spildt. De præcise mængder for hver projektændring, kan dog stadig benyttes i forbindelse med senere krav til bygherren, og for at kontrollere krav fra underentreprenører. Visualiseringer af bygningen og af udførelsessekvensen kan desuden benyttes i mange andre sammenhænge end for forståelsen af projektændringer, og derfor er disse nyttige at have i en opdateret udgave, som derved skal opdateres for hver projektændring, som ændrer på modellen eller procesplanerne.

Når der tages udgangspunkt i hovedentreprisen, er entreprenøren uafhængig af rådgiverne og skal underlægge sig deres beslutninger. Til gengæld kan entreprenøren få kompensation for alle projektændringer efter, at projektet er sendt i udbud. Ved totalentrepriser er situationen en helt anden. Entreprenøren kan i dette tilfælde mindske udgifterne ved at foreslå og selv godkende projektændringer. Derved holdes alle projektændringer fra projektering indenfor entreprenørens eget regi, og derfor er dokumentationen overfor bygherren stærkt begrænset.

Det er stadig relevant at benytte BIM for totalentrepriser; der kan endda være flere fordele end ved hovedentrepriser. På grund af at totalentreprenøren har det fulde ansvar for byggeprojektet, kan denne kræve, hvordan BIM benyttes i projektet. Rådgiverne er dermed underlagt entreprenørens krav til bygningsmodellen, og derfor kan BIM integreres hos både hos rådgivere og entreprenører uden, at gråzoner i ansvaret opstår. Derfor kan procesplaner og relevant data fra entreprenøren integreres i de enkelte objekter ved modelleringen, og projektændringer kobles automatisk til procesplanerne. Processen for projektændringer for totalentrepriser er dermed ikke ligeså formaliseret som for hovedentrepriser, og meget af implementeringen af projektændringerne kan foretages automatisk. Der er dog stadig behov for at samarbejde med underentreprenører i henhold til AB92, hvor metoderne beskrevet i denne rapport er relevante.

11 Konklusion

Arbejdsprocessen for projektændringer for traditionelle byggeprojekter er opdelt i fire faser: Forslag, konsekvenser, godkendelse og implementering. BIM giver entreprenøren en række fordele i forbindelse med hver af disse faser. Bare det, at bygningen er opbygget i 3D, hjælper entreprenøren med at forklare, hvad disse projektændringer betyder for projektet. Ved at koble procesplaner til de enkelte objekter i modellen, kan visualiseringen af udførelsen give et mere dynamisk billede af, hvordan projektændringerne påvirker udførelsen.

BIM kan også hjælpe entreprenøren med at forstå det reelle omfang af projektændringer i forbindelse med konsekvensfasen ved brug af analytiske værktøjer. Derved kan alle ændringer for hvert objekt i modellen overskues. Hvis der er behov for ren mængdeudledning, er disse værktøjer også nyttige. At kunne finde de ændrede mængder, kan benyttes til at dokumentere den økonomiske godtgørelse, som entreprenøren forlanger i forbindelse med projektændringerne.

BIM giver endvidere muligheder for at koble modellen til procesplanerne for projektet, som både kan benyttes i konsekvens- og implementeringsfasen. Dette er dog ikke uden en vis problematik i forbindelse med revisioner, som skal importeres fra rådgiveren. Selvom dette kræver meget manuelt arbejde, vil det for større projektændringer kunne give en ny forståelse af processen. For mindre projektændringer vil det derimod være for meget arbejde at implementere procesplanerne i modellen.

Der er dermed generelt mange gevinster i at benytte BIM i forbindelse med projektændringer. På nær mængderne for projektændringerne, er disse fordele dog ikke nogle som direkte vil kunne erstatte traditionelle processer. De kan derimod støtte entreprenøren i arbejdet med håndteringen af projektændringerne, så der skabes større viden og forståelse omkring de enkelte projektændringer. Konsekvenserne kan derved dokumenteres fyldestgørende, så bygherren kan godkende disse under rette forudsætninger, og entreprenøren kan argumentere for de økonomiske og tidsmæssige krav, der kan opstå.

12 Referencer

Litteratur:

- [Anlæg, 2007] Anlægsteknikforeningen i Danmark, Anlægsteknik 2: Styring af byggeprocessen, 2. udgave, Polyteknisk Forlag, 2007
- [ASMZ, 2007] Bilag til «Allgemeinen Schweizerischen Militärzeitschrift» ASMZ, Nr. 2, Februar 2007
- [Attrup, 2008] Mette Lindegaard Attrup og John Ryding Olsson, Power i Projekter og Portefølje, 2. udgave, Jurist- og Økonomforbundets Forlag, 2008
- [BEK, 2008] BEK, 2008endtgørelse om krav til anvendelse af Informations- og Kommunikationsteknologi i byggeri, BEK, 2008 nr. 253, Økonomi- og Erhvervsministeriet, 2008
- [Eastman, 2008] Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Katleen Liston, BIM Handbook, John Wiley & Sons, Inc., 2008
- [Kousholt, 2010] Bjarne Kousholt, Projektledelse, 3. udgave, Nyt Teknisk Forlag, 2010
- [Levring, 2010] Asbjørn Levring, BIM-implementering og praktisk projekthåndtering, Implementeringsnetværket for Det Digitale Byggeri, 2010
- Hansen, 1993] Mogens Hansen, Jan Eske Schmidt, Niels Sørensen, Lars Peter Tolstrup, Eric Boesgaard, AB92 for Praktikere: En Kommentar til AB92, Byggecentrum, 1993
- [Hao, 2008] Qi Hao, Weiming Shen, Joseph Neelamkavil, Russ Thomas, Change Management in Construction Projects, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, 2008
- [Hardin, 2009] Brad Hardin, BIM and Construction Management, Wiley Publishing, Inc., 2009
- [PMI, 2007] Project Management Institute, PMI, Construction extension to the PMBOK Guide Third Edition, 2. udgave, 2007
- [PMI, 2008] PMI, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 4. udgave, Project Management Institute, 2008
- [Politiken, 2001] Politikens Nudansk Ordbog, 2. udgave, Politikens Forlag, 2001
- [Sun, 2004] Ming Sun, Chimay Anumba, Martin Sexton, Managing Changes in Construction Projects, Engineering and Physical Sciences Research Council, 2004

- [V&S, 2010] V&S prisbøger, byggecentrum, 2010
- [Winch, 2010] Graham Winch, Managing Construction Projects, 2. udgave, Wiley-Blackwell, 2010

Hjemmesider:

- [DDB, 2010] <http://www.detdigitalebyggeri.dk/>, d. 10-10-2010
- [DI, 2010] <http://di.dk/DI/>, d. 25-11-2010
- [DI-video, 2010] Video om opførelsen af Industriens Hus, fundet på adressen <http://di.dk/DI/industrienshus/Pages/sevideoommoderniseringen.aspx>, d. 25-11-2010
- [Google maps, 2010] <http://maps.google.dk/>, d. 25-11-2010
- [IAI, 2010] <http://www.IAI, 2010.com/>, International Alliance for Interoperability, d. 12-10-2010
- [Pihl-as, 2010] <http://www.pihl-as.dk/presse/nyheder/enkeltvisning/browse/3/backpid/70/article/pihl-ombygger-industriens-hus/>, d. 25-11-2010

Interview

- [Jensen, 2010] Interview med Rasmus Møller Jensen, projekteringsleder for facader, Industriens Hus, E. Pihl og Søn A.S, d. 30-11-2010.; vedlagt som bilag 1

Software

- [Tekla] Tekla Structures Construction Management, version 16.1, Tekla Corporation, 2010
- [Solibri] Solibri Model Checker, version 6.1, Solibri Inc., 2010

13 Bilag 1

Referat af samtale med Rasmus Møller Jensen, E. Pihl og Søn A.S, d. 30 november 2010

Samtalen foregik, som en uformel samtale over telefonen. Varighed: ca. 30 minutter.

Jeg præsenterede Rasmus for den overordnede ide med projektet. Her efter talte han om eksempler på større projektændringer: Kompositbjælkerne, som bærer etagedækkene var blevet ændret efter, at Pihl havde bestemt leverandør. De hule betonsøjler, som var tiltænkt ventilation, ville Rambøll gerne have fyldt op med beton og armering, men dette mente Pihl ikke var realistisk, hvilket førte til en omstøbning i stedet for en udstøbning. Facadefastgørelsen er også blevet yderligere detaljeret for at kunne bære facadeleverandørens, Skandinaviska Glassystem (SGS), specifikke system.

Jeg spurgte specifikt ind til de ændringer af dæk fra betonelementer til trapezplader, som jeg har opdaget gennem Solibri Model Checker. Rasmus forklarede, at på grund af geometrien ved hjørnerne, vil de ikke benytte elementer, da disse er for svære at forarbejde. De vil dog benytte trapezplader dækket med insitustøbt beton. Ved at benytte insitu-dæk er der også bedre muligheder for at hæfte dækkene og facadebjælkerne sammen, som Rambøll ønsker.

Vi talte herefter om, hvordan der specifikt arbejdes med bygningsmodellen. Rasmus forklarede med facaderne som eksempel, at det er Rambøll som har det overordnede ansvar for bygningsmodellen. I relation til facaden sendes konstruktionsmodellen til SGS, som laver denne om til en x-ref i Autocad. Denne benyttes i Tekla Structures til at arbejde med de overordnede facadeelementer, mens detaljer bliver bearbejdet i et specifikt softwareprogram. SGS ændrer ikke i den oprindelige model, men deres model sendes tilbage til Rambøll for revision. Rambøll ændrer så de relevante facadebjælker i deres model efter behov, men sørger for at SGS's objekter er referencer.

Jeg spurgte ind til hvad Rasmus' og Pihl's rolle var i dette. Rasmus forklarede, at han er projekteringsleder for facaderne, og derved skal sørge for, at arbejdet mellem Rambøll, som projekterende, og facadeleverandøren forløber efter planen. Pihl ændrer derved ikke ved modellen, men sørger tilgængæld for at tjekke modellens grænseflader for at minimere fejl. De benytter desuden modellen til møder for at visualisere de bygningselementer, som der tales om. Rambøll opdaterer så deres model hver anden uge efter de har indført relevante ændringer.

Én af de ændringer som Rasmus selv har arbejdet med er at få de enkelte etager til at være i samme højdekote. Når der både er nyt og eksisterende byggeri, var der forskel på koten for facadebjælkerne. Hvis ikke disse er i samme kote, skal der være mange forskellige typer beslag, da facadeelementerne på den enkelte etage skal følge samme kote.

Dette førte til en snak om betydningen for, at dette var en totalentreprise. Jeg forklarede, at jeg havde siddet som praktikant og brugt meget tid på at finde forskellene på tegningsrevisioner fra udbudsperioden til den aktuelle revision. Dette sagde Rasmus ikke var nødvendigt, da de ikke vil få økonomisk godtgørelse for ændringer, men de selv styrer hvilke ændringer, der skal godkendes. I den forbindelse nævnte jeg, hvordan jeg har benyttet Solibri Model Checker til at finde ændringer mellem revisioner af konstruktionsmodellen. Rasmus sagde, at dette gjorde han ikke, da de relevante ændringer var gået gennem ham eller en kollega. Jeg spurgte så ind til hvor færdig konstruktionsmodellen var, og fortalte at jeg havde fundet flere hundrede ændringer mellem to versioner af konstruktionsmodellen. Rasmus forklarede, at konstruktionsmodellen kun var omkring 85 % færdig. Kælderen er tættest på at være færdig, da det er her der skal arbejdes først. Det er dog lidt besværligt, da kælderen og fundamenter skal bære de ovenliggende etager, når disse ikke er færdigprojekteret. Detaljetegninger bliver ikke hentet direkte fra modellen, men tegnes derimod i 2d.

Til sidst talte vi lidt om, hvordan Rasmus konkret arbejder med projektet. Det er specifikt facadebjælkerne, hvorpå man hænger facaden, som Rasmus arbejder meget med. Koordinationen mellem Rambøll og SGS skal styres af Rasmus, som sørger for at notere samtlige uoverensstemmelser mellem de to parters projektering og dermed BIM-modeller. Han skal samtidig sørge for at disse følges op, så alle punkter kan afsluttes.

Noter taget under samtalen:

Komposit Rettet efter leverandør; beton rettet op; Omstøbesøjler; detaljeret facadefastgørelse; detaljeret

Sørge for at bære facaden, arbejder med modellen, skandinavisk glassystem, elementer i pakker, hellere insitu end elementer ved hjørner, Rambølls bjælker skal forbindes til beton

Pihls ønsker

Rambøll har ansvaret og har BIM-manager, Pihl tjekker kun modellen, projekteringsleder facader, Model til møder, 2. uge uploader model, reference filer, tegner og importer i tekla med rambøll, arbejder i tekla, tekla som samler, rambøll som modellere, <rambølll importere model, sammenholder.

Spring i etage, samme kote,

facade i

Rambøll kan rette sig ind, totalentreprenør,

kigge grænse flader

bjælker man har ændret, planer ud fra, 85 % færdig, kælderen starter, detaljer bliver tegnet i 'hånden', underlag til facaden, beslag kan hænge, notat som referat skal løses,