

PROSJEKTERING VED HJELP AV BIM
Implementering av BIM i detaljprosjekteringen hos
entreprenør

BUILDING DESIGN WITH THE AID OF BIM
BIM implementation in the detail project from a
constructors angle

Per Edward Schee

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
Institutt for Matematiske realfag og teknologi
Masteroppgave 30 stp. 2011



1 Forord

Denne oppgaven representerer for meg avslutningen av en fem år lang periode av livet jeg har viet til studier innen byggeteknikk og arkitektur, samt realfag og økonomi. Jeg har vært innom mange aspekter ved fagområdet gjennom fag så vel som mennesker jeg har truffet. Jeg ser tilbake på fem arbeidsomme, morsomme og lærerrike år.

Det er flere mennesker jeg vil gi honnør i arbeidet med denne oppgaven. Først og fremst mine veiledere ved UMB, John Petter Langdalen og Eilif Hjelseth. De har bidratt med mange gode diskusjoner og hjulpet om jeg har stått fast.

Oppgaven kunne ikke blitt til uten hjelp fra HENT og deltagerne i Sandakerprosjektet. Jeg vil rette en spesiell takk til alle som har latt meg bruke deres arbeidstid til å besvare mine spørsmål. Dessuten takker jeg en utpreget engasjert person, Lars Christian Christensen, for de sylskarpe innspillene og det gode humøret.

Til slutt vil jeg også takke min samboer, Hanne Sørmo Sorte, for hennes kritiske blick, hevede øynebryn og alltid motiverende smil.

Takk til dere alle sammen!

Oslo, mai 2011

Per Edward Schee

2 Sammendrag

Flere og flere prosjekter i byggebransjen har begynt å benytte seg av bygningsinformasjonsmodeller (BIM), der de ulike rådgivernes respektive modeller settes inn i en felles åpen modell. Konkrete krav til bruk av BIM blir satt av byggherrer og andre aktører.

Totalentreprenør HENT AS har ansvaret for detaljprosjekteringen i prosjektet Sandaker skole, som for øyeblikket er godt i gang. Dette prosjektet er av de først hvor man benytter BIM i detaljprosjekteringen, både for entreprenøren og de rådgivende ingeniørene. Oppgaven har hatt fokus på implementering av BIM i prosjekteringsgruppen og hvilke effekter dette har gitt. Noen grove hypoteser ble lagt til grunn. Disse var i korte trekk at man ved bruk av åpen BIM; oppnår færre feil, bruker lengre tid enn nødvendig de første gangene og som totalentreprenør lettere kan styre prosessen.

Det er foretatt intervjuer av et knippe rådgivere som har deltatt i prosjektets detaljprosjekteringsfase med tanke på hvordan prosjektering med BIM har vært sammenliknet med prosjektering uten BIM. Dessuten er det undersøkt hvordan noen objekter har utviklet seg gjennom prosjekteringsfasen. Disse objektene er sammenliknet med en referansemødel hvor objektene er bestemt i forhold til plassering og andre egenskaper.

Man har i prosjektet valgt å benytte en BIM primært for å avdekke kollisjoner og visualisere. Man har hatt utbytte av å kunne vise frem bygget i 3D, både for brukere og andre. Modellene man har benyttet er fra ARK, LARK, RIB, RIE og RIV. Alle utenom LARK har klart å eksportere sine modeller uten store problemer. Sett under ett har man ved hjelp av BIM klart å luke ut de fleste feil. Rådgiverne brukte lengre tid enn ved et tradisjonelt prosjekt, men dette skyldes ikke utfordringer knyttet implementeringen alene.

Mange av rådgiverne har påpekt at man for tidlig var ute etter å kontrollere modellen for kollisjoner, noe som ga et feil bilde av hvor ferdig objektene var. De fleste kollisjonene som ble funnet, var deler av modellen rådgiverne ikke hadde avklart enten internt eller seg i mellom.

Undersøkelse av objektene har vist at det er vanskelig å vite konkret hvor ferdig modellen er eller hvor langt prosjekteringen har kommet. Objektene skal gjennom en designprosess, og går derfor flere runder både hos en rådgiver og i prosjekteringsgruppen. Om man ikke merker objektene med en form for status er det

svært vanskelig å kunne holde oversikt over hvor ethvert objekt er i denne prosessen, og dermed si noe om fremdriften.

Både undersøkelse av objektene og intervjuer viser at man bør ha en oversikt over de ulike objektene status. Dette gir et bilde på mulighetene man har for endringer på senere tidspunkter og forhindrer at man melder om kollisjoner på områder hvor modellen ikke er ferdig. Slik kan man benytte ressursene i prosjektet mer effektivt, samtidig som det kan danne grunnlag for måling av fremdrift i prosjekteringsfasen.

Den overordnede problemstillingen kan konkludere med at entreprenøren har utnyttet noen av effektene ved bruk av BIM, men det er fremdeles et stort potensial.

3 Abstract

The number of projects in the AEC-industry using BIM, or Building Information Model (ing), is increasing, often by demand of owners or other parties.

HENT AS is a Norwegian contractor, specialized in turnkey-projects. The firm is responsible for the detailed design in the Sandaker skole project, a project already well on its way. This is one of the first projects in which they use BIM in the detail design phase, both for the contractor, and for the designers. This thesis focuses on the implementation of BIM in the design group and what effect it had. Some rough hypotheses were assumed to be true. In short they were that by use of BIM; there would be fewer design flaws, it would be more time-consuming the first few time, and the turnkey contractor could control the process more easily.

Interviews were conducted with some of the architects and engineers in the design process, regarding how the process differed from a project without the use of BIM. It was also examined how some objects in the BIM itself changed during the design phase. These objects were compared to a reference model in terms of geometric placement and other attributes.

The BIM was primarily used to uncover collisions between objects and as a visualization tool. Being able to display the project in 3D has been beneficial both to the user group and others. Both the architect-, landscaping architect-, civil engineer- and MEP-engineers' models were utilized. Everyone except for the landscaping architect was able to export their models without any major problems. With the aid of the BIM, most of the collisions were dealt with. Overall the parties spent more time than they would have used on a project without BIM, but this was not just due to implementation issues.

Many of the designers pointed out that the collision control was conducted too early, and that it gave an incorrect picture of how the process was going along. Most of the collisions that was discovered, were found in parts of the BIM the designers had not clarified at that time.

Examination of the objects revealed that it was difficult to know exactly how far the process had come. The objects go through a design process, both in a designer's head and in the group as a whole. Without giving objects a form of notification, it would be difficult to keep track of where in the process the different objects are, and thereby controlling progress.

Both the object examination and the interviews indicate that there should exist an overview of the status of the different objects. This can indicate the possibilities to implement changes later in the process. It also prevents collision control being made regarding areas in the BIM, which are unfinished. This way it is possible to utilize the resources more efficiently, and at the same time form the basis of assessing progress in the design phase.

To conclude the thesis it is apparent that the contractor has utilized some of the benefits BIM provide, but there is still a significant potential.

4 Innholdsfortegnelse

1	FORORD	II
2	SAMMENDRAG	III
3	ABSTRACT	V
4	INNHOLDSFORTEGNELSE	VII
5	INNLEDNING OG PROBLEMSTILLING	1
5.1	BAKGRUNN	1
5.2	MASTEROPPGAVESAMARBEID	1
5.3	PROBLEMSTILLING	2
5.4	AVGRENSING AV OPPGAVEN	2
6	TEORI	3
6.1	BYGGEPROSJEKTET OG DENS FASER	3
6.2	HVA ER PROSJEKTERING	6
6.3	DETALJPROSJEKTERING	6
6.4	ROLLER I ET BYGGEPROSJEKT	7
6.5	ROLLER I PROSJEKTERINGSFASEN	8
6.6	ULIKE ENTREPRISEFORMER	9
6.7	TOTALENTREPRISE	9
6.8	SAMSPILL	11
6.9	BESLUTNINGENE – HVEM TAR DEM?	12
6.10	BESLUTNINGSPROSESS	13
6.11	BIM	14
6.11.1	LUKKET OG ÅPEN BIM – PROPRIETÆRT FORMAT MOT IFC	15
6.11.2	BUILDINGSMART	15
6.11.3	PROSESSEN OG IDM	16
6.12	IDM SOM KRAV	19
6.13	BIM-MANUAL	19
6.14	BIM I DETALJPROSJEKTERINGEN	20
6.15	MOTIVASJON FOR IMPLEMENTERING AV BIM-TEKNOLOGI I BEDRIFTEN	21
6.16	TEORIEN SETT I SAMMENHENG	22

7	METODE	23
7.1	GENERELT OM METODE	23
7.2	UNDERSØKELSESDSIGN	23
7.3	VALG AV METODE	24
8	CASE-PROSJEKT	26
8.1	ENTREPRISEN SLIK DEN IVARETAS AV HENT	26
8.2	ENTREPRENØRENS GEVINST	28
9	GJENNOMFØRING OG RESULTAT	30
9.1	INTERVJU MED DELTAGERE I EN PROSJEKTERINGSPROSESS	30
9.1.1	TIDLIG NULLPUNKT	30
9.1.2	UKENTLIG OPPDATERING	30
9.1.3	BENYTTES I KOMMUNIKASJON OG MØTER	31
9.1.4	KOORDINERE PROBLEMOMRÅDER	31
9.1.5	FEIL VED EKSPORT OG IMPORT AV IFC	34
9.1.6	KAN IKKE JUKSE	34
9.1.7	GROVSKISSE FRA DAG 1	34
9.2	UNDERSØKELSE AV ÅPEN BIM MODELL I SANDAKER SKOLE	35
10	DISKUSJON	38
11	KONKLUSJON	45
12	VIDERE ARBEID	47
13	LITTERATUR	48
14	VEDLEGG	51
14.1	VEDLEGG 1: CASE-PROSJEKTET	51
14.2	VEDLEGG 2: INTERVJUGUIDER	53
14.3	VEDLEGG 3: UNDERSØKELSE AV SOLIBRI-MODELLER	54

5 Innledning og problemstilling

Dette kapitlet tar for seg problemstillingen og bakgrunnen for valg av denne før det avgrenser oppgavens omfang.

5.1 Bakgrunn

De senere årene er det blitt flere og flere prosjekter i byggebransjen hvor man benytter seg av bygningsinformasjonsmodeller, og i Norge har blant annet Statsbygg har vært en av de største pådriverne for å utnytte såkalt BIM (Statsbygg 2008). Ved hjelp av åpne formater har de ulike rådgiverne begynt å sette sine respektive modeller inn i en felles modell.

Ofte refereres det til den digitale byggeplass når man snakker om BIM. Det henspiller på at man bygger prosjektet digitalt for å sikre en god kvalitet før man starter den fysiske byggingen.

Prosjektering handler om å designe, men en designprosess kan være en abstrakt og til tider lite oversiktlig prosess. Tidligere var det kun rådgivere og arkitekter som hadde tilgang til den digitale informasjonen man bearbeidet i prosjektet.

Totalentreprenøren brukte korrespondanse og de ulike tegningsrevisjonene for å holde seg oppdatert og komme med innspill. Med introduksjonen av BIM har alle prosjektets deltagere mulighet til å plukke prosjektet fra hverandre i sine enkelte bestanddeler. Kan dette være gode holdepunkter å styre en prosjekteringsprosess etter? En beslutning er fundert på informasjon. En god beslutning er fundert på god og relevant informasjon. Kan informasjonsmengden gi en pekepinn på hvor i prosessen man er?

Uttallige masteroppgaver har tidligere tatt for seg hvordan BIM kan utnyttes til å strukturere informasjonen slik at en gitt aktivitet kan utføres mest mulig rasjonelt. Så langt har det kun vært sett på fragmenterte deler av byggeprosessen, eller fokus har begrenset seg til oppgaver som har påvirket en eller to parter.

5.2 Masteroppgavesamarbeid

Denne oppgaven er gjort i samarbeid med den norske entreprenør- og prosjektutviklerselskapet HENT AS. HENT er en nasjonal aktør som har vært på det norske markedet i over 20 år. Et av HENTs satsningsområder er totalentrepriser, og derfor ønsker selskapet å nyttegjøre seg fordelene åpen BIM gir. Selskapet har i den seneste tiden gjort et hopp fra å ikke benytte BIM i det hele tatt, til å heve kompetansen i organisasjonen ved å ta BIM-tankegangen inn i flest mulig prosjekter.

5.3 Problemstilling

Hvordan kan totalentreprenøren få utbytte av BIM ved implementering i detaljprosjekteringen?

Når man begynner å bruke BIM aktivt i byggeprosessen er det interessant å se hvilke muligheter og utfordringer man som entreprenør blir stilt ovenfor. Oppgaven vil se nærmere på hvordan dette har artet seg ved et spesifikt prosjekt; detaljprosjekteringen ved Sandaker skole, samt forfølge noen egne tanker rundt temaet. Noen grove hypoteser er lagt til grunn for hva man forventer;

-prosjektering med åpen BIM kan redusere prosjekteringsfeil,

-man forventer å bruke lengre tid, siden dette er det første prosjektet,

-totalentreprenøren ser en mulighet for å koordinere fremdriften i større grad, siden informasjonen er lettere tilgjengelig.

5.4 Avgrensing av oppgaven

Denne oppgaven fokuserer på detaljprosjekteringsfasen, om ikke annet spesifiseres.

Både teorikapittelet om BIM og om entrepris er kortfattede da det foreligger mange kilder og masteroppgaven sikter seg inn på en leser som har kunnskap om dette fra før.

Det vil ikke sees på juridiske aspekter annet enn en kontraktuell binding mellom to parter. Spørsmål knyttet til opphavsrett og liknende vil ikke bli besvart.

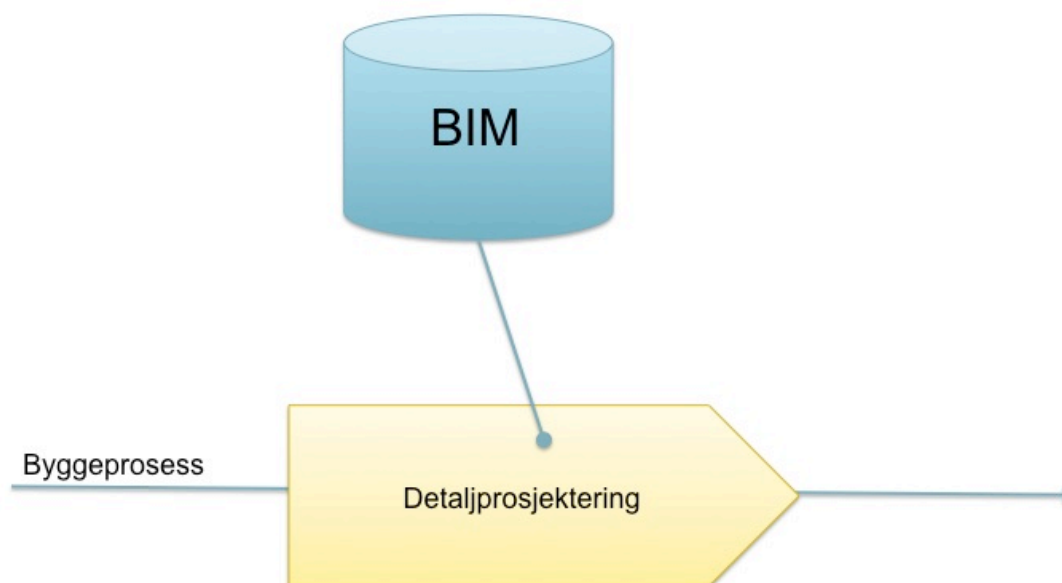
Aktørene som er intervjuet har benyttet ulike programvarer eller programvarepakker. Kommentarer og funn knyttet til dette vil ikke gå inn på et spesifikt program da oppgaven i hovedsak dreier seg om prosess og generell informasjonsbehandling sett fra entreprenørens side.

Datatekniske problemstillinger er kun overfladisk behandlet. Informasjonen som er undersøkt er selvfølgelig datateknisk, men i selve oppgaven er det kun de resultatmessige sidene som er vurdert.

Selv om det er forsøkt sagt noe om produktivitet, effektivitet og kvalitet knyttet til bruk av BIM er ikke dette basert på kvantitative størrelser. Mye er hentet fra intervjuene som er gjort, resterende er antagelser.

6 Teori

I dette kapitlet vil først byggeprosessen, særlig detaljprosjekteringen, med dens faser og deltagere presenteres. Dessuten blir det vist til litt teori rundt ansvarsfordelingen gjennom entreprise og samspill. Deretter introduseres BIM og hvordan dette kan implementeres, før det knyttes sammen og man ser på nytten av BIM i detaljprosjekteringen i slutten av kapitlet, slik Figur 1 viser.



Figur 1 Byggeprosessen illustrert som en linje hvor BIM introduseres i detaljprosjekteringsfasen.

6.1 Byggeprosjektet og dens faser

Et prosjekt i byggenæringen er som regel av et slikt omfang at det tar en stund fra ideen er født til det ferdige produktet står klart til bruk.

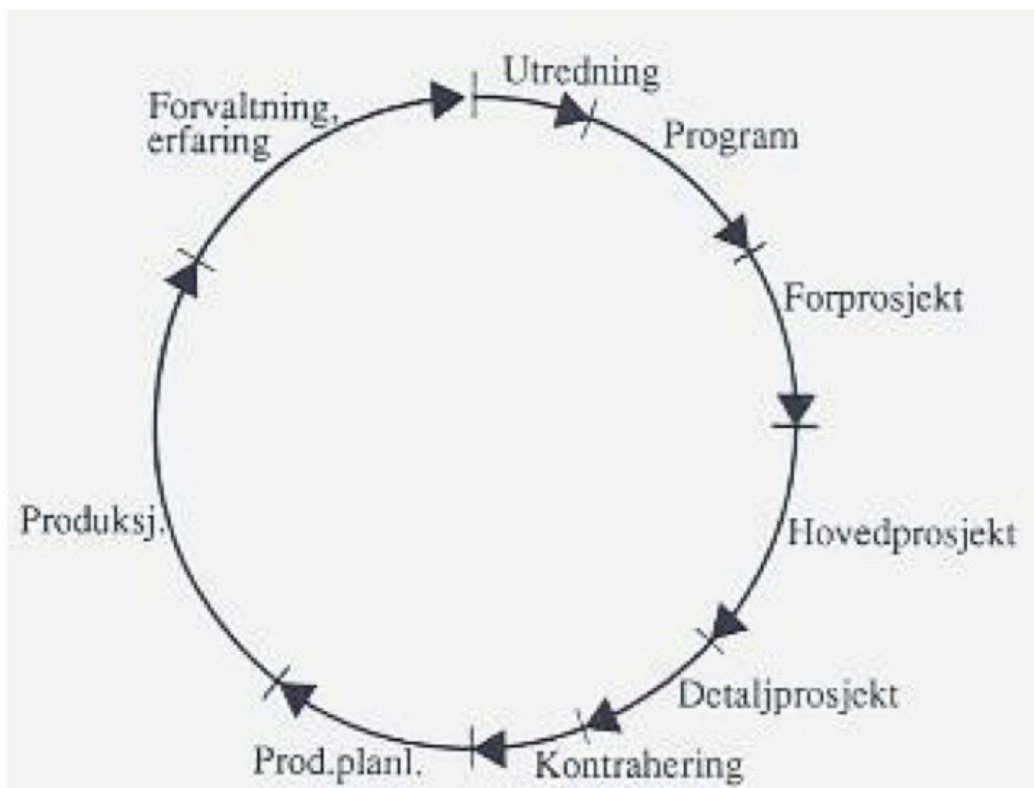
Det foreligger ikke en lovfestet faseinndeling, de fleste store byggherrer har laget sin egen mal for hvordan de plasserer og navngir ulike faser. En generell faseinndeling er angitt i Figur 2 under (Cappelen 2001).



Figur 2 Generell faseinndeling fra *Byggherren og kontraktene: kontraktsinngåelser for bygg og anlegg* (Cappelen 2001).

Om man vurderer bygget for å være utslitt, kan det bli revet ned for å gjøre plass til noe annet. For å systematisere prosessene er det vanlig å dele prosjektet inn i ulike faser. Slik sett kan man si at prosessen illustrert over kan sammenliknes med et

kretsløp; etter driftsfasen må det avgjøres om bygget skal saneres eller rehabiliteres. Deretter starter man på nytt med planleggingsfasen. Dette er godt illustrert av Robert Wigen i hans bok *Bygningsadministrasjon* (Wigen 1990), se Figur 3.



Figur 3 Her illustrerer (Wigen 1990) byggeprosessen som en kontinuerlig prosess. Prosjektet vil etter sin levetid bli enten revet for å gjøre plass til noe nytt eller rehabilitert og brukt videre.

Den internasjonale standarden; (ISO 22263 2008), har forsøkt å standardisere fasene i et byggs livssyklus. Der har hver fase fått et navn og en nummerering, slik Figur 4 viser.

Standard lifecycle stages based on ISO 22263

Lifecycle stages in ISO 22263

ISO 22263 Name	Standard Stage	Standard Name	Standard Definition
Pre-lifecycle stages			
Inception	0	Portfolio requirements	Establish the need for a project to satisfy the clients business requirement
Brief	1	Conception of need	Identify potential solutions to the need and plan for feasibility
	2	Outline feasibility	Examine the feasibility of options presented in phase 1 and decide which of these should be considered for substantive feasibility
	3	Substantive feasibility	Gain financial approval
Pre-Construction stages			
Design	4	Outline conceptual design	Identify major design elements based on the options presented
	5	Full conceptual design	Conceptual design and all deliverables ready for detailed planning approval
	6	Coordinated design (and procurement)	Fix all major design elements to allow the project to proceed. Gain full financial approval for the project
Construction stages			
Production	7	Production Information	Finalise all major deliverables and proceed to construction.
	8	Construction	Produce a product that satisfies all client requirements. Handover the building as planned.
Post-construction stages			
Maintenance	9	Operation and maintenance	Operate and maintain the product effectively and efficiently.
Demolition	10	Disposal	Decommission, dismantle and dispose of the components of the project and the project itself according to environmental and health/safety rules

Figur 4 I et forsøk på å standardisere et byggeprosjekts faser har det internasjonale standardiseringsforbundet introdusert livssyklusfaser (ISO 22263 2008).

Selv om det her er laget et standardisert oppsett for hvilke faser en byggeprosess består av så har denne fått lite gjennomslag i Norge. Det er svært få, om noen, som benytter seg aktivt av denne. De fleste store byggherrer har laget sin egen faseinndeling, og de mindre har enten kopiert fra de store eller opprettet en inndeling ad hoc.

Den senere tiden har man i byggenæringen fått stadig større fokus på miljøaspektene ved et byggeprosjekt. I Norge er BREEAM-metoden for miljøsertifisering mest utbredelse. Denne benytter RIBAs Plan of Work som faseinndeling (Royal Institute of British Architects 2004). Som en konsekvens av alle de ulike inndelingene er vanskelig å bruke IDMer (se kapittel 6.11.3) som er utviklet

av andre, fordi begge parter i en IDM er avhengig av en utvetydig forståelse av hva som inngår i de ulike fasene.

6.2 Hva er prosjektering

Som kretsløpet i figuren til Wigen illustrerer skal et prosjekt vanligvis gjennom en rekke prosjekteringsfaser. Prosjektering kommer av ordet prosjekt, eller på latin *proiectum* som kan oversettes med utkast eller det som kastes frem. På engelsk brukes "to design", og i ISO 22263 har man valgt å dele dette stadiet i tre faser.

Øystein Meland ved Institutt for Bygg- og Anleggsteknikk på NTNU har et noe videre begrep om hva prosjektering innebærer, punktvis oppsummert (Meland 2000):

- Utforming av byggverket.
- Planlegging for byggverkets fremstilling gjennom valg av metoder, ressurser og fremstilling.
- Planlegging for byggverkets bruk.
- Planlegging for byggverkets fornyelse.

Det betyr at prosjektering foregår gjennom hele byggets livssyklus og at både byggherre, rådgivere og entreprenør prosjekterer.

6.3 Detaljprosjektering

Ved forprosjektets slutt starter detaljprosjekteringen. Denne fasen er siste hånd på verket før den fysiske byggingen begynner. Denne oppgaven forutsetter at fasen innebærer både tradisjonell detaljprosjektering og entreprenørens produksjonsplanlegging som fremdrift, budsjett og innkjøp, siden dette foregår i parallele løp frem mot produksjonsfasen, se Figur 5.



Figur 5 Detaljprosjekteringen slik denne masteroppgaven velger å definere den.

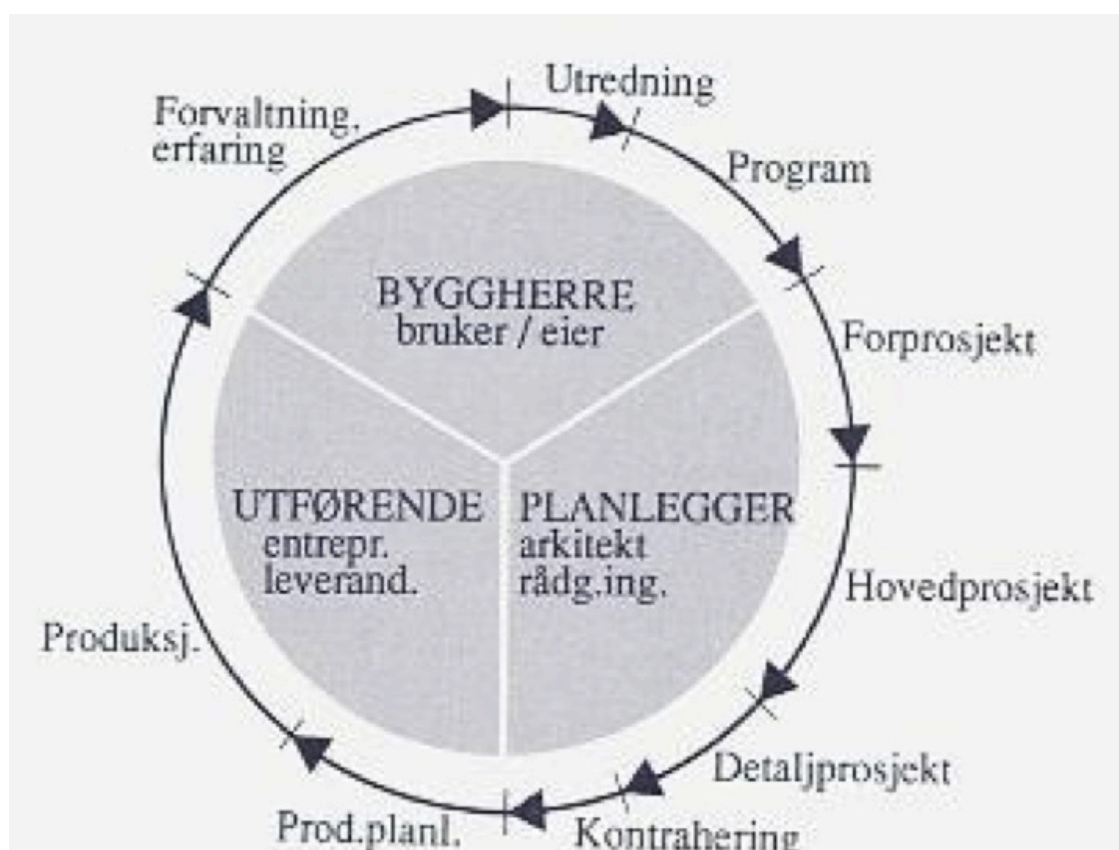
Når detaljprosjekteringen er over skal entreprenøren sitte igjen med materialet som behøves for å sette sammen bygget. Dette er informasjonen som viser hva som skal produseres i den påfølgende produksjonsfasen. Tradisjonelt har dette materialet bestått hovedsakelig av arbeidstegninger eller annen dokumentasjon, men med den

digitale byggeplassens inntog vil dette kanskje endre seg. Om noen år vil det muligens være mer vanlig å benytte seg av digitale modeller, fremfor tegninger av blekk og papir.

6.4 Roller i et byggeprosjekt

Selv i de enkleste byggeprosjektene stilles det stadig større krav til informasjonsinnhold og dokumentasjon, blant annet som uttrykt i den nye Plan- og Bygningsloven (heretter PBL) (Plan og Bygningsloven 2010; Plan og Bygningsloven 2011). For å kunne ivareta kravene på en god måte, er man derfor i betydelig grad avhengig av spesialister innenfor ulike områder.

Som (Wigen 1990) illustrerer i Figur 6, starter kretsløpet hos en byggherre, hvor det dukker opp et behov for ny bygningsmasse. En byggherre kan for eksempel være en privatperson ved bygging av egen bolig eller Statsbygg ved bygging av skolebygg, tinghus og liknende.



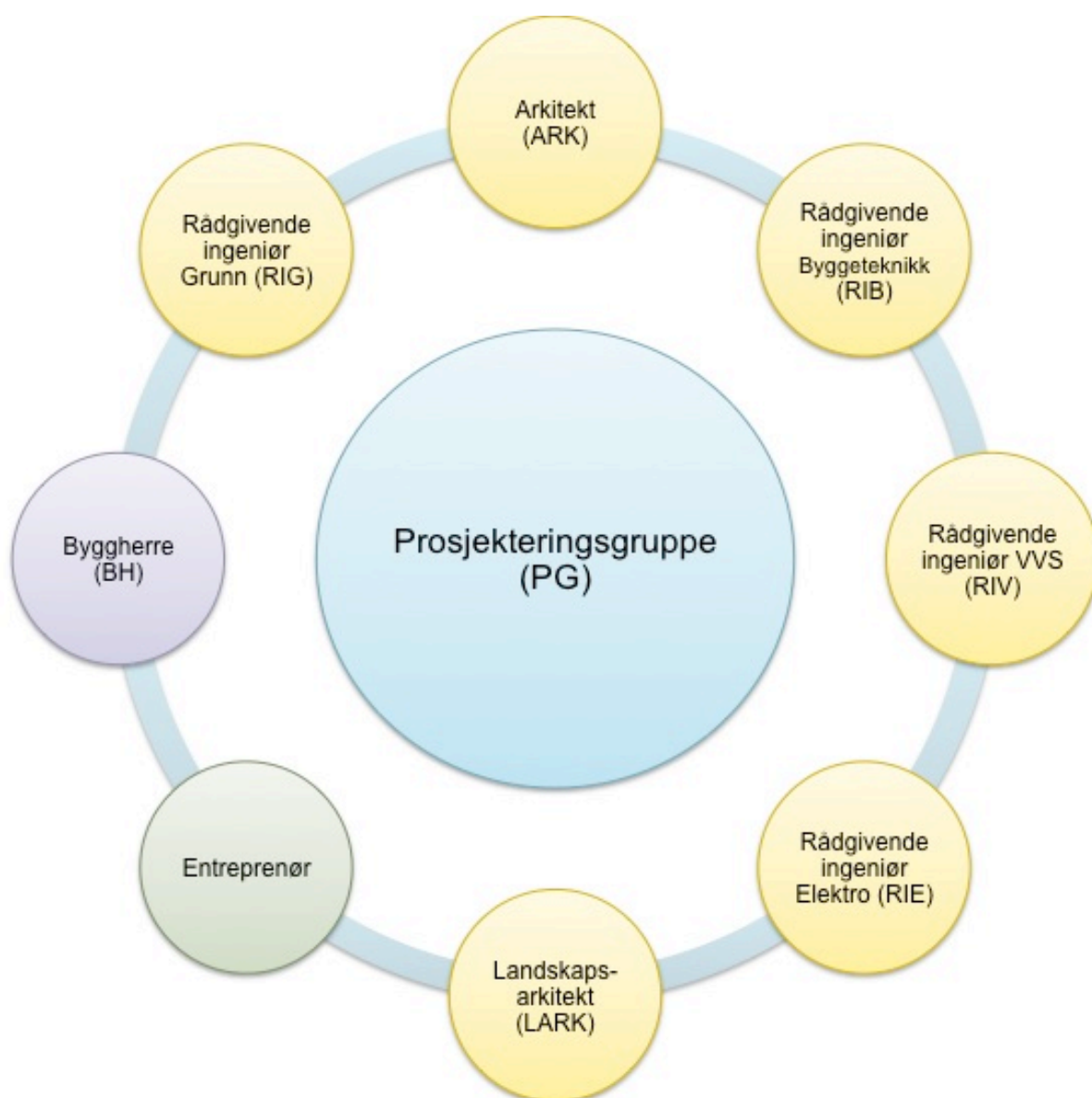
Figur 6 Kretsløpet som danner byggeprosessen, med fokus på hvor i prosessen de ulike aktørene spiller hovedrollen.

I PBL er byggherre lett å forveksle med rollen tiltakshaver. Tiltakshaver dukker opp i PBL som den som til syvende og sist står ansvarlig for et tiltak, altså byggverk. Til sammenlikning er det i standard kontraktsmaler (NS 8402 2010) tittelen Byggherre

som benyttes på den som bestiller prosjektet. Selv om titlene i praksis refererer til samme rolle så er det altså oppstått to ulike begreper. Dette er et godt eksempel på at det er få standardiserte roller i en næring med mange involverte.

6.5 Roller i prosjekteringsfasen

Som påpekt i forrige kapittel er byggherren som regel avhengig av arkitekt og rådgivende ingeniører for å prosjektere bygget i henhold til gitte krav og standarder. I større prosjekter er det ofte en stor prosjekteringsgruppe (heretter PG) bestående av ulike rådgivere, illustrert som et eksempel i Figur 7. Det er dessuten ofte representanter fra byggherren med, og etter hvert i byggeprosessen, også noen fra entreprenøren.



Figur 7 Deltagerne i en prosjekteringsgruppe; rådgivere i gule sirkler, byggherren i lilla og entreprenøren i grønn. Sammen danner de prosjekteringsgruppen.

I tillegg til de som er presenter i Figur 7, er det dessuten rådgivende ingeniører med mindre ansvarsområder som blant annet akustikk (RIA), brann (RIBr), rivingsteknikk (RIR) og veg (RIVeg).

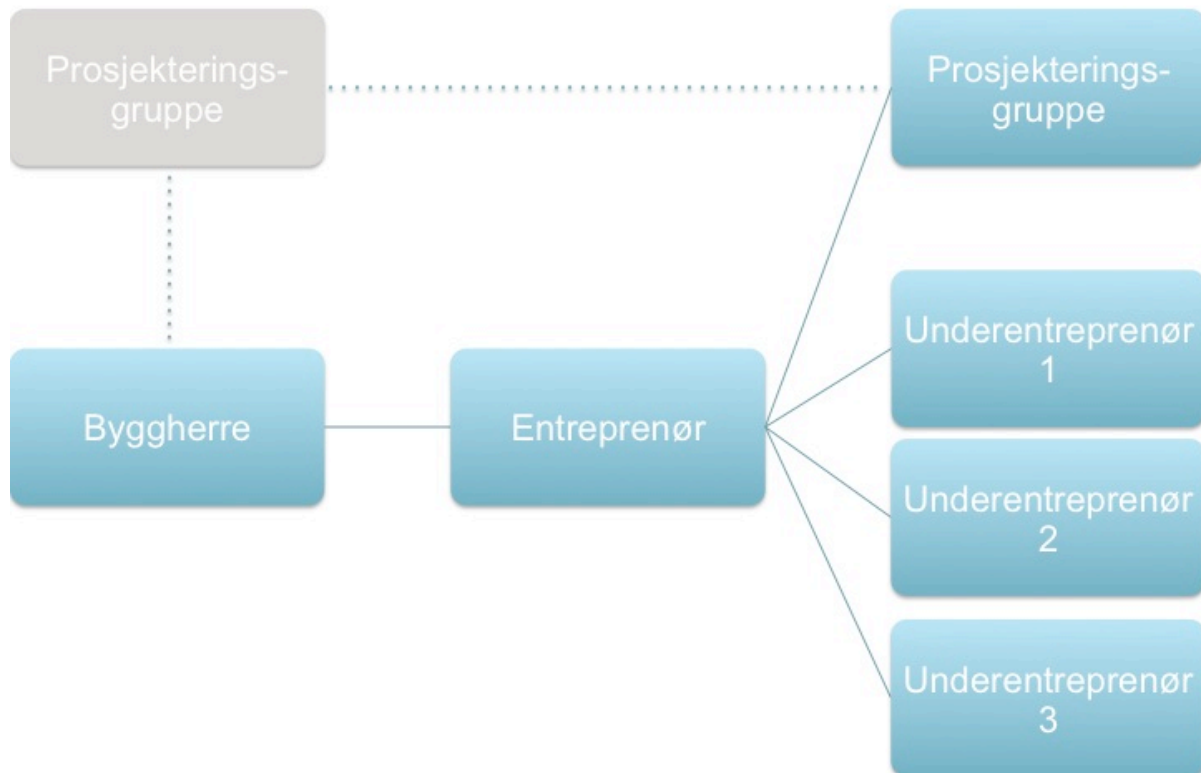
6.6 Ulike entrepriseformer

Rollene presentert i forrige kapittel bindes sammen i et byggeprosjekt ved hjelp av kontrakter. Det finnes flere måter å gjøre dette på, men flere av entrepriseformene har standardiserte kontraktsmaler (NS 3431 1994; NS 8405 2008; NS 8406 2009).

For en entreprenør vil kontrakten mellom denne og byggherren kalles for en entreprise. Denne avgjør hvem som styrer og kontrollerer byggesaken og hvem som har garantiansvar. Noen av de mest vanlige entrepriseformene er hovedentreprise, delt entreprise, generalentreprise og totalentreprise. I denne oppgaven vektlegges kun totalentreprisen og samspillsmodellen, som presentert i de to neste kapitlene. Grunnen til dette er at Sandaker Skole er et samspillsprosjekt.

6.7 Totalentreprise

Ved denne entrepriseformen flyttes ansvaret for både prosjektering og utførelse over på totalentreprenøren. Hvordan entreprenøren håndterer dette varierer; noen leier inn rådgivere og underentreprenører og opptrer selv som administrator, mens andre har kompetansen i større eller mindre grad internt i egen organisasjon. En prinsippskisse av entrepriseformen er vist i Figur 8.



Figur 8 De blå boksene representerer ulike aktører eller grupper. Linjene viser til en kontrakt som binder partene sammen, men merk at entreprenøren som regel har en kontrakt med hver deltager i prosjekteringsgruppen. Prosjekteringsgruppen engasjeres av byggherren, og etter kontraktsinngåelse med entreprenøren vil den som regel bli tiltransportert totalentreprenøren, slik de stiplede linjene viser.

Figur 8 viser entreprisen i sin reneste form. Derfor er streken som går ut fra boksen til byggherren er også den eneste parten byggherren har en kontrakt ovenfor. Entreprenøren har som regel flere kontrakter mot PG, ettersom hva den enkelte rådgiver skal prosjektere.

En avart av totalentreprise er sidestilt totalentreprise, hvor man kontraherer flere entreprenører som har ansvaret for å prosjektere sin del av utførelsen selv. Dette er i hovedsak de tekniske utførelsene som elektro og VVS.

Når totalentreprisen er kontraktsfestet og underskrevet av alle parter har i teorien ikke byggherre mer innflytelse. Byggherren bør derfor sette klare rammebetingelser på forhånd for å ha en viss kontroll på hva utfallet av prosjektet blir. I hvilken grad byggherren har definert rammebetingelser har vist seg å variere kraftig, i noen tilfeller har rammebetingelsene vært skriblerier på en serviett, mens i andre tilfeller er det definert side på side med kravspesifikasjoner, offentlige bestemmelser og materiell fra en prosjekteringsgruppe i skisse- og forprosjekt.

Fordelen med en totalentreprise er for byggherre at denne slipper store utgifter til løpende administrasjon, siden alt ansvar ligger hos totalentreprenøren; både utførelse og prosjektering. Likevel er det noen klare utfordringer med denne entrepriseformen. Kvaliteten på det som leveres kan være vanskelig å kontrollere, ettersom totalentreprenøren er tjent med at alt som leveres er så rimelig som mulig. Oppdraget kan være såpass omfattende at det er vanskelig for en byggherre å sammenlikne hva man mottar i et tilbud kontra et annet. Dessuten er det vanskelig for byggherre å endre noe etter at kontrakten er skrevet.

Entreprenøren drar nytte av nettopp utfordringene til byggherre. Som det kommer frem er også entreprenøren ansvarlig for all prosjektering og administrasjon av det meste av prosjektet når kontrakten mot byggherren er underskrevet. Entreprenøren må derfor ha kapasitet og kompetanse til å styre prosjektering, underleverandører og egen organisasjon gjennom hele prosjektet.

Videre ser man litt på samspill som en del av byggeprosessen.

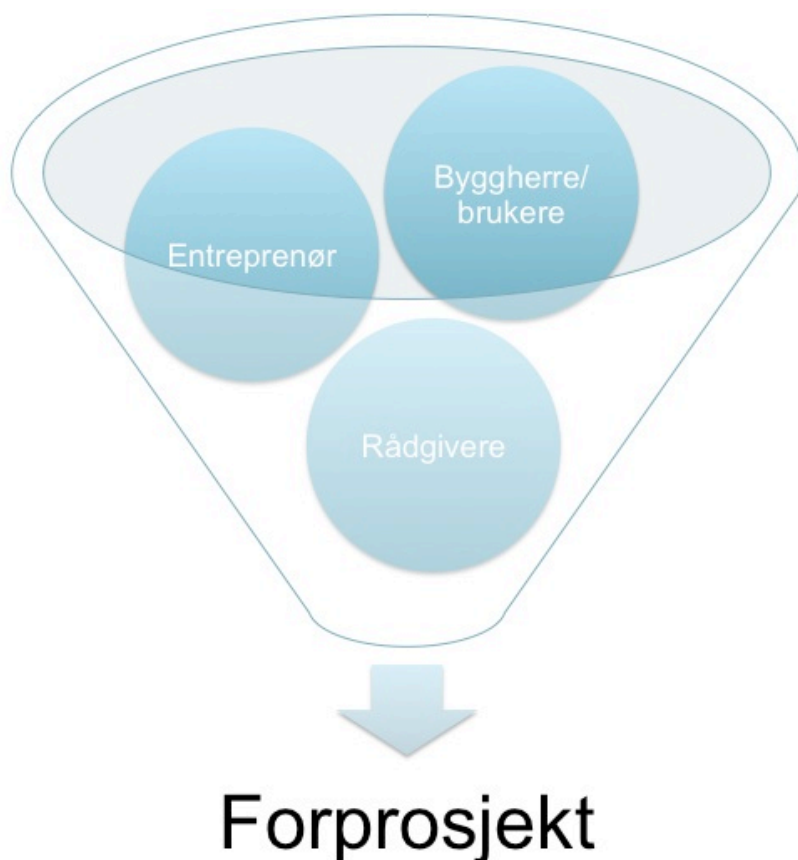
6.8 Samspill

I det senere er det dukket opp ulike samspillsmodeller (Direktoratet for forvaltning og IKT 2010) etter at det ble satt fokus på dette i et prosjekt i regi av Norges Forskningsråd i årene 1996-99 kalt "Samspill i Byggeprosessen" (Haugen & Mordal 2000). Samspillsmodellen har som mål å gi et bedre produkt (bygg) gjennom at byggherre tar rådgivere, entreprenør, brukere og andre grupper med tidlig i prosjektet. Dette gjør man ved legge vekt på tillitsbasert samarbeid, kundeorientering og profesjonell ledelse.

Det fordrer et tett samarbeid mellom prosjektets parter, noe som også gjør ansvarsfordelingen til en utfordring. Ofte kombineres samspill med en totalentreprisekontrakt, men i teorien kan hvilke som helst type entreprise kombineres. Samspillskontrakter inngås mellom entreprenør og byggherre. I motsetning til de fleste godt innarbeidede entreprisetypene er samspillsentreprisen av nyere dato. Det er ikke laget noen offisielle standardmaler for hvordan den bygges opp, og slik sett er ikke samspill en standardisert entrepriseform.

Som regel består samspillet i prosjektet av en prosess mellom entreprenør, byggherre og rådgivere gjennom forprosjektfasen. Etter dette er det mulig å fortsette samspillet eller velge å inngå en vanlig kontrakt. Dette samspillet berører kvalitetsstyring, tekniske vurderinger og samarbeid, altså organiseringen av prosessen gjennom forprosjektet, se Figur 9. Videre kan man fortsette samarbeidet gjennom utførelses- og driftsfasen. Da legges det inn såkalte incitamenter, som betyr

at byggherre og entreprenør deler et eventuelt over- eller underskudd ved hjelp av en fordelingsnøkkel. I tillegg avtales det en målpris.



Figur 9 viser hvordan entreprenør, rådgivere og byggherre samarbeider i prosjektets forprosjektfase.

6.9 Beslutningene – hvem tar dem?

Rammene for byggeprosjektet lages av byggherre, og innenfor disse rammene kan de kontraherte rådgivere og entreprenører fritt ta beslutninger. Likeledes vil en entreprenør lage rammer for sine leverandører og underentreprenører, som de fritt kan ta beslutninger innenfor. Dette kan kalles de indre rammebetingelsene, som byggherren i stor grad setter selv (Wigen 1990).

Det er også et sett ytre rammebetingelser som er satt av myndigheter, gjennom for eksempel PBL eller riksantikvaren, eller andre organisasjoner. Disse har som regel ikke økonomiske motiver for prosjektet, men det kan likevel ha store økonomiske konsekvenser for byggherren.

Alle disse rammebetingelsene påvirker prosessen mot prosjektets utforming.

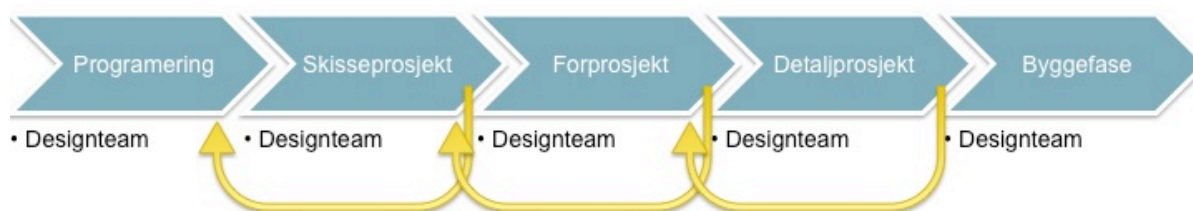
6.10 Beslutningsprosess

En tradisjonell måte å se på en byggeprosess er slik som illustrert i Figur 10 over. Her går informasjonen fra en fase til neste i én retning uten å kunne gå tilbake igjen (Andresen et al. 2007).



Figur 10 En tradisjonell byggeprosess som et fossefall hvor informasjonen kun går en vei, mot neste fase (Andresen et al. 2007).

Slik prosessen foregår i Figur 10 vil ikke informasjonen man opparbeider seg kunne tas i bruk i en iterativ prosess, som tilfellet er vist i Figur 11. Her vil informasjonen gå flere runder



Figur 11 viser hvordan informasjonen i byggeprosessen kan benyttes til å revurdere tidligere beslutninger tatt i byggeprosessen (Andresen et al. 2007).

Når man benytter informasjonen man opparbeider seg i en prosess til å revurdere tidligere beslutninger vil man kunne korrigere beslutninger som på et senere tidspunkt viser seg lite fordelaktig. Som tidligere nevnt er ikke denne måten å dele inn fasene på en offisiell standard, men bunner i praktiske hensyn og eget forgodtbefinnende. Selv om man har en forestilling om at fasene er klart avgrenset og at oppgavene relatert til en fase er ferdig når den respektive fasen glir over i den etterfølgende, så er dette i praksis svært sjelden tilfellet. Man kan sette seg klare mål og krav om at de ulike fasene skal være ferdige til en gitt frist og at oppgaver skal være fullført. Likevel kan frister brytes og overraskelser fra tidligere faser dukker opp på langt senere tidspunkter enn hva man har tenkt. Dermed betyr dette at beslutninger som skulle vært tatt i forprosjektet må gjøres i detaljprosjekt eller byggefase, noe som vil føre til ekstra arbeid som går på bekostning av det man i fremdriftsplanen skulle ha gjennomført. Bryan Lawson forteller i sin bok *How*

designers think: the design process demystified (Lawson 2006) at prosjektering, eller design på engelsk, er en dynamiske prosess. I realiteten befinner man seg ufrivillig et sted mellom Figur 10 og 11. Man blir tvunget til å ta stilling til tidligere beslutninger på nytt ettersom nye forhold dukker opp.

Torbjørn Ingvaldsen fra Sintef Byggforsk (Ingvaldsen 2001) påpeker at det er beslutningene som driver byggeprosjektet fremover. Han mener videre at det er to ulike beslutningstyper; de strategiske og operative. Forskjellen ligger i at de store, strategiske beslutningene ofte kommer tidlig i prosjektet, før store utredningskostnader er påløpt. Etter at de strategiske retningslinjene er fastsatt og prosessen er i gang, tas de operative beslutningene, for eksempel antall kvadratmeter per elev eller plassering av ventilasjonssystem.

For å ta disse beslutningene er det de prosjekterendes jobb å legge frem et godt beslutningsgrunnlag for offentlige myndigheter, byggherre, brukere og andre som måtte være interessert (Meland 2000).

Tanken med å legge opp prosjekteringsprosessen i ulike faser er å kunne strukturere og organisere hvilke beslutninger som tas til hvilken tid. Som tidligere nevnt kan man dele beslutninger inn i to typer. De strategiske, som kommer først, gjøres på bakgrunn av de ulike rammebetingelsene som foreligger, og danner i seg selv nye rammebetingelser videre i prosjektet.

Når de fleste strategiske beslutningene i prosjektet er tatt vil de operative beslutningene tas, på bakgrunn av ytre og indre rammebetingelser, og rammebetingelser satt av de strategiske beslutningene. Dette er dermed de siste beslutningene som tas før det prosjekterte materialet er ferdigstilt, altså i detaljprosjektet.

6.11 BIM

BIM er en forkortelse for Building Information Modell eller Modelling. Det første begrepet tar for seg produktet, mens det andre tar for seg prosessen. Måten man definerer BIM varierer i stor grad, noe som er påpekt i rapporten *An international scope of BIM* (Schijlen 2010). Denne rapporten har benyttet følgende definisjonen av BIM:

BIM som bygningsinformasjonsmodell: "a digital representation of a facility that consists of a logic coherence of non-geometric and geometric information of the lifecycle of that facility."

BIM som bygningsinformasjonsmodellering: "creating a digital representation of the facility that consists of a logic coherence of non-geometric and geometric information of the lifecycle of that facility."

De fleste ser for seg en digital 3D-modell av et byggeprosjekt. Statsbygg har i sin BIM-manual påpekt at de viktigste bokstavene i forkortelsen er I og M, altså informasjonen og modellen eller modelleringen (Statsbygg 2009b).

Objektbasert 3D-modellering er kun én del av BIM. BIM handler i første rekke om en naturlig, systematisk strukturering av all informasjonen i et byggeprosjekt. Det er en forskjell mellom det som betegnes som lukket og åpen BIM, som forklart i neste kapittel.

6.11.1 Lukket og åpen BIM – proprietært format mot IFC

Slik arbeidsmetodene blant rådgivere i byggenæringen har vært frem til nå har informasjonsutvekslingen i stor grad foregått i mange kanaler, gjennom korrespondanse i form av tegninger og brev, og elektronisk via filer eller e-post. Dette har ført til at informasjonen blir svært fragmentert og uoversiktlig. Etter at datamaskinene har kommet på banen har det i tillegg vært et problem at informasjonen lagres i et proprietært, eller programvarens eget, format. Programvareleverandørene har alle oppfunnet sitt eget format, noe som gjør utveksling ulike programmer imellom til en utfordring. Det finnes eksempler på at det tidligere var krav om spesifikke programmer og formater i prosjektene. Likevel skal sies at de fleste DAK-programmene har hatt støtte for dwg-formatet. I boken *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors* hevder Chuck Eastman at det i hovedsak er den geometriske informasjonen som har blitt utvekslet, ytterligere informasjonen produsert av en rådgiver er derfor i stor grad kun vært tilgjengelig i den samme programvaren som rådgiveren har benyttet (Eastman et al. 2008).

Dette er et eksempel på at selv om informasjonen finnes digitalt i et strukturert oppsett hos en rådgiver, er det ikke nødvendigvis mulig å dele denne informasjonen med andre. Dette er hva man kaller lukket fag-BIM eller programvare. Åpen BIM, eller IFC, blir presentert i de påfølgende kapitlene.

6.11.2 buildingSMART

Den internasjonale foreningen buildingSMART International er en paraplyorganisasjon med avdelinger i mange land. buildingSMART International, tidligere kjent som IAI (International Alliance for Interoperability), har jobbet frem den internasjonale standarden for det åpne formatet Industry Foundation Classes (heretter IFC) (buildingSMART International 2011b). Dette digitale lagringsformatet,

samt terminologien, International Framework for Dictionaries (heretter IFD), og prosessen, Information Delivery Manual (heretter IDM), er i stor grad resultatet av buildingSMARTs målrettede arbeid.

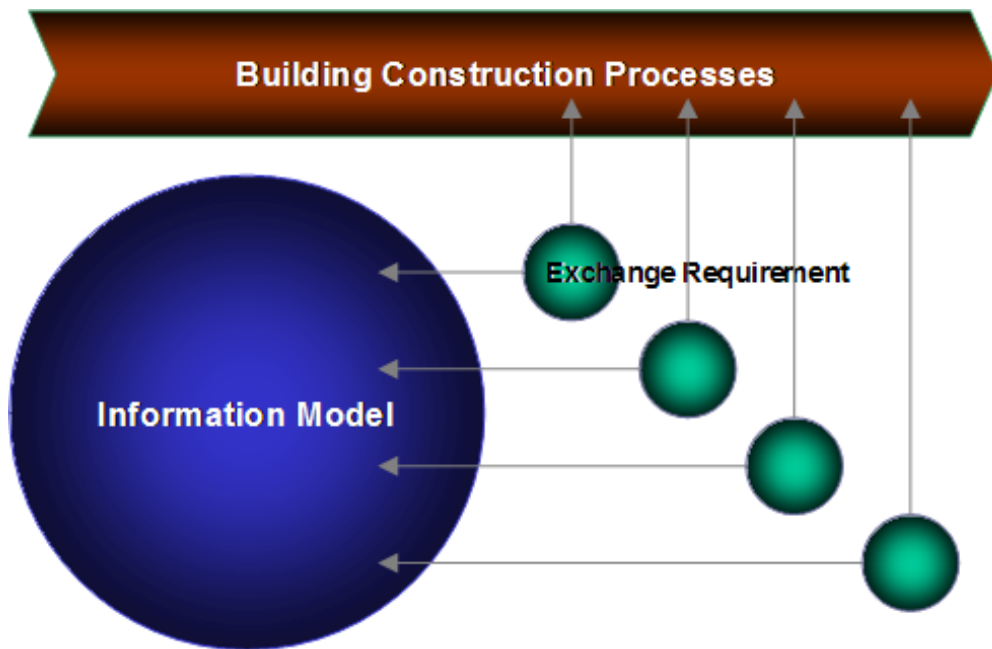
For å sitere deres egne nettsider (buildingSMART International 2011a) er buildingSMART i hovedsak fire elementer:

- En ide – effektiv informasjonsflyt er nøkkelen for å utnytte mulighetene som ligger i moderne IKT.
- Et sett standarder – standarder som muliggjør effektiv informasjonslogistikk.
- En organisasjon – buildingSMART International som er ansvarlig for å fremme og forvalte standardene.
- Prosjekter – arenaer hvor standardene brukes.

At all informasjonen i et prosjekt dermed kan lagres på en slik måte at alle har en lik mulighet for å hente ut informasjonen, er hva man kan definere som åpen team BIM.

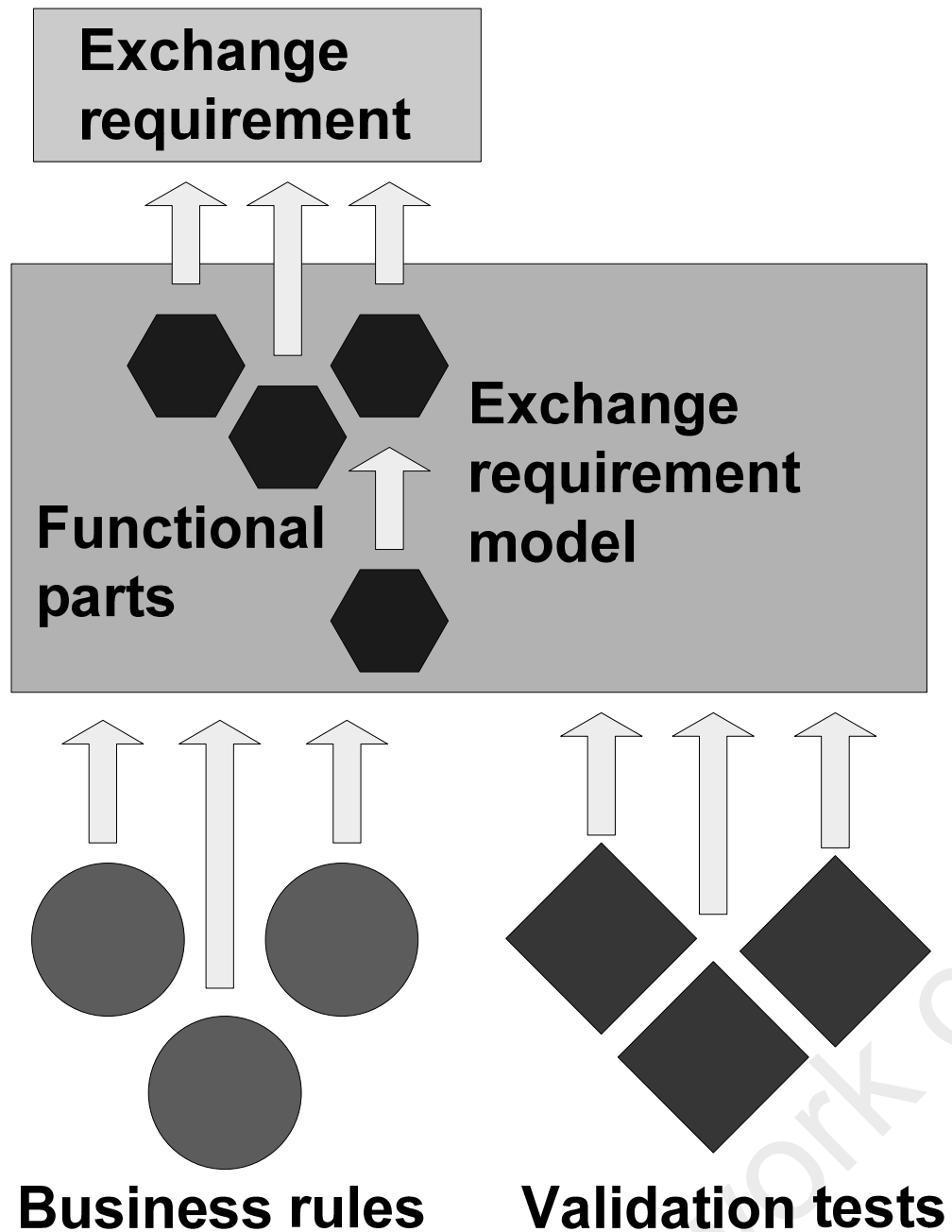
6.11.3 Prosessen og IDM

BIM handler i stor grad om informasjon. Det er et mål at denne informasjonen skal komme flere enn én part til hjelp, dermed må den utveksles. For at dette skal kunne skje på en mest mulig strukturert måte har ISO utviklet en standard for såkalte Information Delivery Manuals, IDMer (ISO/FDIS 29481 - 1 2010). Denne standarden tar for seg hvordan informasjonen skal overføres fra en part til en annen, for eksempel selger og kjøper, på en standardisert og ryddig måte. Dette er godt illustrert i **Feil! Finner ikke referanseilden.**, som viser at en IDM ønsker å knytte informasjonen i modellen til byggeprosessen.



Figur 12 IDM består av et utvekslingskrav, som danner mellomleddet mellom prosessen og modellen (Lillehagen & Krogstie 2008).

En IDM består av tre hoveddeler om informasjon; Functional Parts (heretter FP), Process Maps (heretter PM) og Exchange Requirements (heretter ER) slik Figur 13 viser. I tillegg består den av to deler om regler; forretningsregler og valideringsregler, men dette er mer datateknisk og vil ikke dekkes av denne oppgaven.



Figur 13 IDM slik det illustreres i standarden (ISO/FDIS 29481 - 1 2010). ER beskriver i vanlig tekst hva som skal leveres mellom hvem og når, mens FP beskriver det samme for at datamaskinen skal kunne lese det. BR og VT er datatekniske sjekker som utføres på ER.

En PM fokuserer på hvordan informasjonen flyter og hvilke prosesser informasjonen er innom. Det er utviklet ulike metoder for å illustrere et slik flytskjema, blant annet Business Process Modelling Notation (BPMN).

De byggetekniske kravene, eller kravene som settes for at kunden vil godkjenne produktet, ligger i ERen. Denne kan komme i mange former, da den skal forklare kravene for de involverte partene.

I motsetning til ER er FPen den delen som skal leses av dataprogrammene, og dermed må den stilles opp på en måte som gjør dette mulig.

6.12 IDM som krav

En IDM setter et konkret krav til hva som skal overleveres fra en part til en annen på et gitt tidspunkt. For at slike krav skal kunne settes, må man vite nøyaktig hva man er ute etter. Store byggherrer har som regel et sett med kravspesifikasjoner hvor det klargjøres hvilke krav som er gjeldende. En IDM har dermed egenskapen til å opptre som den digitale kravspesifikasjonen ved bruk av BIM. Eksempler på hva som kan være en IDM og hva som bør overlates til en dynamisk design prosess er beskrevet i Tabell 1.

Tabell 1 Oversikt over hva som kan bli en IDM og hva som heller bør tas vare på gjennom den dynamiske prosessen

Hva kan bli IDM	Hva er en dynamisk prosess
Takhøyde	Utsmykning
Luftmengde	Plassering av tekniske føringer over himling
Veggtykkelse	Vindusplassering
Type innredning	Plassering av innredningen

Man skal være klar over at IDM er en datateknisk løsning. Det betyr at man programmerer i dataspråk for å la en datamaskin lese og beregne. En datamaskin gjør akkurat det den får beskjed om, verken mer eller mindre. Den kan dermed med enkelhet lese produktet, men i liten grad prosessen.

6.13 BIM-manual

Som påpekt er IDM å regne som en digital kravspesifikasjon som oppfylles på et gitt tidspunkt. For å kunne styre prosjektets dynamiske prosesser har man sammenfattet arbeidsmetodikk ved bruk av BIM i en såkalt BIM-manual. Dette er nytt for mange – Statsbygg slapp sin første versjon i 2008 og har i år kommet med sin versjon 1.2 Beta (Statsbygg 2011).

ISO har likevel allerede laget en teknisk spesifisering for hvordan BIM-manualer bør utformes (ISO/TS-12911 2010). Her skiller det mellom ulike nivåer for manualene, alt etter hvem de henvender seg til, se Figur 14.



Figur 14 Den nye standarden for BIM-manualer deler inn manualene i ulike nivåer. Dette skal gjøre at manualene spesialiseres inn mot den enkelte leser og hvilke oppgaver manualen skal dekke (ISO/TS-12911 2010)

Jeandonné Schjilen tilknyttet Gobar Adviseurs påpeker i en rapport om BIM-manualer (Schjilen 2010) at noen av manualene ikke hadde et klart mål for hvem manualene skulle henvende seg til. Det er svært viktig å vite hvem som skal lese manualen, slik at både innhold og presentasjonen er tilpasset den enkelte gruppen lesere. Om det blir en for stor skjevhet på dette punktet, kan man risikere at manualen aldri blir brukt eller i verste fall misforstått.

Statsbyggs BIM-manual ligger på nasjonalt nivå i Figur 14. Til konkurransen om utbyggingen på Vestbanetomten ble det laget en egen BIM-manual på prosjektnivå, som henvendte seg spesifikt til det prosjektet (Statsbygg 2009a). Det som gjør en BIM-manual på prosjektnivå unik, er dens fastsatte formål. Den er laget for å styre en eller flere konkrete oppgaver, eller resultatet av oppgaven.

6.14 BIM i detaljprosjekteringen

Både BIM som modellering og BIM som modell har utstrakte muligheter i detaljprosjekteringen. Det er i denne fasen at all prosjekteringen skal ferdigstilles før man starter byggingen. Som påpekt tidligere (i kapittel 6.3) er det i denne oppgaven valgt å se på både prosjekteringsgruppens detaljprosjektering og entreprenørens produksjonsplanlegging som en samlet del av detaljprosjekteringsfasen, da disse aktivitetene i stor grad går parallelt.

BIM åpner for nye muligheter innen kontroll av det prosjekterte materialet. Dessuten kan entreprenøren høste av informasjonen i modellen både når det kommer til planlegging og produksjon. I Tabell 2 er noen av disse nedtegnet.

Tabell 2 viser en oversikt over hvilke områder totalentreprenøren kan nytte seg av informasjonen i prosjektets BIM.

Område	Gevinst
Krav i BIM	Man kan oversette lover og krav (ytre rammer) til regler som kan sjekkes i en BIM, for å undersøke om prosjektet vil bli godkjent av offentlige myndigheter, byggherre eller andre.
Fremdrift i prosjekteringsfase	Ved å knytte objektene i modellen til spesifikke faser har man et middel for å måle hvor langt man har kommet.
Visualisering	En tredimensjonal modell gir brukere og andre en større forståelse av bygget og en bedre mulighet for å komme med god tilbakemelding.
Kollisjonskontroll	Det er lettere å oppdage kollisjoner mellom fag, enten visuelt eller ved hjelp av regelbasert kontroll.
Budsjett og fremdrift i byggefasen	Nøyaktige mengder gir riktigere tall i budsjettet og mengder til fremdriftsplanlegging.
Kvalitetssikring på byggeplass	Objekter kan gis ulike attributter avhengig av ferdiggrad, dette kan gi en oversikt med tanke på kvalitetssikring. Man kan gjennom visualisering finne fokusområder før man starter selve byggingen.

I tillegg til områdene nevnt i Tabell 2 vil det i andre faser være flere oppgaver man kan knytte til BIM, derfor er det greit å minne om at fokuset for denne oppgaven er på detaljprosjekteringen.

For totalentreprenøren vil utfordringen være at det meste av informasjonen denne behøver kommer fra andre, i særdeleshet prosjekteringsgruppen.

Totalentreprenøren blir dermed en prosjektleder og informasjonsleder; en administrator som styrer prosessen for å kunne høste av informasjonen andre bidrar med.

6.15 Motivasjon for implementering av BIM-teknologi i bedriften

Implementering av ny teknologi vil kun skje om man ser en potensiell gevinst.

Totalentreprenøren HENT har startet et kompetansearbeid for å heve nivået rundt temaet BIM i organisasjonen. BIM blir brukt i et antall prosjekter på ulike stadier i prosessen, og det planlegges brukt i flere. Holdningen til BIM er at man benytter det aktivt i størst mulig grad for deretter å høste erfaringer; learning by doing. Dette er en mer praktisk fremgangsmåte enn man ser for seg om man leser om implementering i *the Final Report of the Erabuild project* eller *National Building Information Modelling Standard* (Kiviniemi et al. 2008; National Institute of Building Science 2007).

Mulig gevinster kan være økt effektivitet, høyere produktivitet eller bedre kvalitet. Man benytter en åpen BIM som kommunikasjonsmiddel og kollisjonskontroll i prosjekteringsfasen. I kalkulasjonsfasen blir BIM brukt til mengdeuttak og kvalitetssjekk. I marked- eller stabsavdelingen er ikke BIM brukt enda. Med tiden er

det også ønske om å bruke BIMen i andre faser for å utnytte mulighetene det åpner for.

Ved uforutsette feil og mangler i et prosjekt vil regningen som regel havne hos totalentreprenøren. Om man som totalentreprenør eventuelt investerer mer i prosjektering for å minske risikoen for feil gjennom forbedret koordinasjon av detaljprosjektet, kan dette vise seg lønnsomt i form av færre feil på byggeplassen.

Med mulig gevinst kommer også mulig risiko. Risiko kan materialisere seg i uønskede hendelser som misnøye i PG over krav om BIM, lavere produktivitet og så videre.

6.16 Teorien sett i sammenheng

Som Figur 1 i starten av dette kapitlet illustrerte, fokuserer teoridelen på hvordan BIM kan benyttes ved å implementere konseptet i detaljprosjekteringen.

Hovedutfordringen til en totalentreprenør ved denne implementeringen er å koordinere de ulike aktørene. Både i prosjekteringsgruppen og internt.

Dette kan la seg gjøre ved IDMer og en BIM-manual. For totalentreprenøren kan gevinsten være færre feil i byggeprosessen som følge av en bedre detaljprosjektering. Dessuten kan modellen som utarbeides benyttes til andre ting internt, for eksempel mengdeuttak for innkjøp og fremdriftsplanlegging. Muligens vil det også være mulig å benytte informasjonen som produseres til å måle fremdriften i selve detaljprosjekteringsfasen. En oversikt over noen av mulighetene er presentert i Tabell 2.

7 Metode

Denne oppgaven har som formål å undersøke hvordan BIM kan benyttes til å forbedre beslutningene tatt i detaljprosjektet. I de foregående kapitlene har teorien rundt et byggeprosjekt, prosjektering og verktøyet BIM blitt presentert. For å kunne besvare problemstillingen er det i denne oppgaven forsøkt å sette den i sammenheng med et case-prosjekt. Gjennom dette kapitlet forklares valg av vitenskapelig metode.

7.1 Generelt om metode

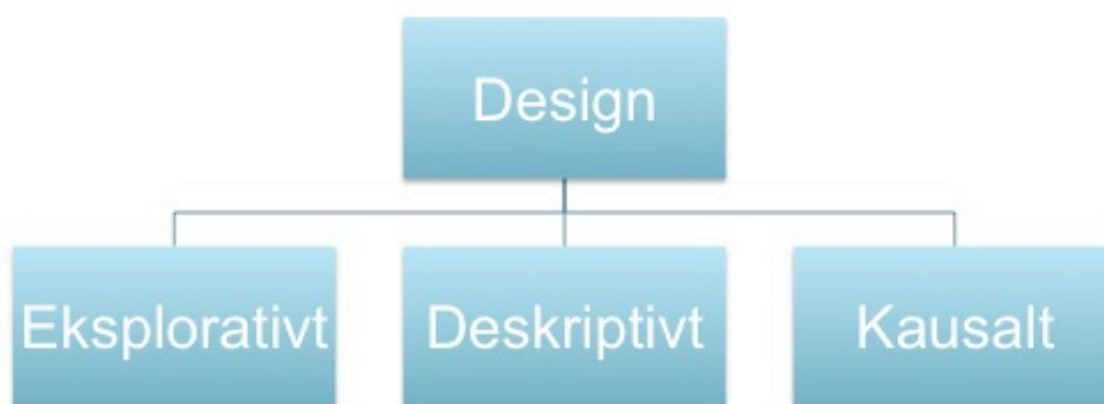
For å kunne danne et vitenskapelig vel fundert verk benytter man seg av metoder. Metode betyr en planmessig fremgangsmåte (Gripsrud et al. 2004). Vitenskapelige metoder er blitt til gjennom århundrer med forankring i vitenskapsteori. Man skiller som regel mellom formalvitenskap som matematikk og logikk på den ene siden og erfaringsvitenskap på den andre siden. Som Newton formulerer det i sitt kjente verk *Principia* (Newton et al. 1999);

“To be termed scientific, a method of inquiry must be based on gathering observable, empirical and measurable evidence subject to specific principles of reasoning”

7.2 Undersøkellesdesign

I en bok om metode og dataanalyse (Gripsrud et al. 2004) presenteres de tre ulike fremgangsmåtene, eller designene, benyttet i undersøkelse , se Figur 15. For å sitere;

”Undersøkelsens design innebærer en beskrivelse av hvordan hele analyseprosessen skal legges opp for at man skal kunne løse den aktuelle oppgaven”.



Figur 15 Oversikt over de ulike formene for undersøkelsesdesign (Gripsrud et al. 2004).

Man kan finne svært mange kilder om undersøkelsesdesign, disse er derfor ikke utdypet nærmere i denne oppgaven. Det er tre viktige faktorer å ta hensyn til ved valg av undersøkelsesdesign (Gripsrud et al. 2004):

- a. erfaring fra saksområdet
- b. kjennskap til teoretiske studier som identifiserer relevante variabler
- c. ambisjonsnivå med hensyn til å identifisere sammenhengen mellom variabler

7.3 Valg av metode

Det er ingen eksakte svar på hvilke metode som passer i en gitt sammenheng, men punkt a) til c) i forrige kapittel gir en god pekepinn. For å finne svar på hvordan totalentreprenøren kan ha nytte av i detaljprosjekteringen vil undertegnede forhold til de tre punktene a) til c) redegjøres.

Saksområdet omfatter bruk av BIM i detaljprosjekteringen av et prosjekt. Bruk av BIM er undertegnede noe kjent med, mens detaljprosjektering har undertegnede hatt lite med å gjøre.

Kjennskap til teoretiske studier som identifiserer relevante variabler er noe undertegnede mangler. Ønsket med denne oppgaven er å øke forståelsen av temaet og identifisere variabler. Likevel vil ikke denne oppgaven søke å finne sammenhenger disse imellom. Ambisjonsnivået kan derfor sies å være lavt.

Når man ser på faktorene samlet kan de settes opp som vist i Tabell 3.

Tabell 3 Her er utsagnene diskutert tidligere satt inn i en matrise. De plasseres som følge av de tre kriteriene erfaring, teoretisk kunnskap og ambisjonsnivå.

	Eksplorativ	Deskriptiv	Kausal
Erfaring	Lite	←————→	Mye
	Forfatter har liten erfaring på området		
Teori	Begrenset tilgang	←————→	God tilgang
	Teori om detaljprosjektering og BIM kombinert er det lite av.	En del teori både når det kommer til BIM og prosjektering av bygg.	
Ambisjonsnivå	Lavt	←————→	Høyt
	Ønske om økt forståelse for emnet tilsier et lavt ambisjonsnivå		

Som tabellen viser vil det være hensiktsmessig med en eksplorativ undersøkelse. Dette vil gi resultater der hensikten er å forstå i større grad enn å forklare. I neste kapittel vil case-prosjektet introduseres og settes i sammenheng med gevinstene, eller effektene, man kan oppnå.

8 Case-prosjekt

Som tidligere nevnt er det valgt å se på problemstillingen "Hvordan kan totalentreprenøren få utbytte av BIM ved implementering i detaljprosjekteringen?" i lys av et reelt prosjekt. Dette prosjektet heter Sandaker Skole vist i Figur 16, hvor bedriften HENT AS er totalentreprenør og Undervisningsbygg KF (heretter UBF) er byggherre. I neste kapittel blir dette presentert før man deretter ser på effekter man har, eller kunne hatt, i detaljprosjekteringen. Denne måten å søke kunnskap for å besvare problemstillingen er helt i tråd med masteroppgavens eksplorative design.



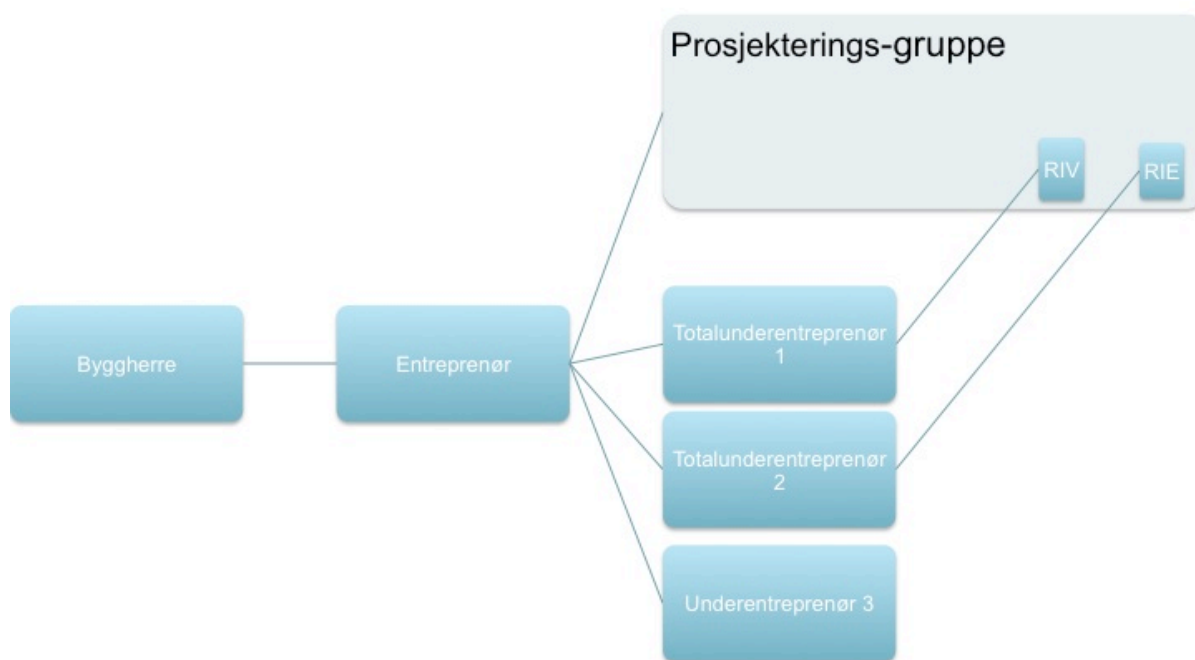
Figur 16 er et bilde tatt fra Solibri over prosjektet Sandaker skole.

8.1 Entreprisen slik den ivaretas av HENT

En totalentreprise i sin mest rendyrkede form er svært sjelden benyttet. Slik er også tilfellet i prosjektet Sandaker skole hvor HENT er totalentreprenør og UBF er byggherre. Her er den standardiserte totalentreprisekontrakten (NS 3431 1994) tilpasset en samspillmodell.

Firmaet spesialiserte seg på prosjektutvikling og totalentrepriser. Dette innebærer at man tilstreber å samarbeide tett med byggherren og prosjekteringsgruppen. At prosjektet ble gjennomført etter UBFs samspillmodell betød at HENT konkurrerte med andre prekvalifiserte firmaer i forprosjektfasen. Slik konkurransegrunnlaget var

bygget opp var kriteriene for å vinne 40 % pris og 60 % prosjektgjennomføring. Man kan trekke slutningen at pris ikke var ubetydelig, men at måten man håndterer et prosjekt som totalentreprenør var vektet høyest. Da HENT vant frem med sitt tilbud ble de tekniske entreprisene lagt under egne totalentrepriser, se Figur 17. Dermed er det et juridisk sett en teknisk totalentreprenør mellom HENT og rådgiveren for dette faget.



Figur 17 Prinsipp-skisse av totalentreprisen i Sandaker Skole-prosjektet, hvor HENT AS er totalentreprenør.

Ved å benytte seg av åpen BIM i detaljprosjektet håper UBF og HENT å kunne eliminere alle prosjekteringsfeil før de blir bygget på plassen. Detaljprosjekteringen av Sandaker skole er delt inn i to hovedfaser, hvor fase en består av bygg 1 og 4, se vedlegg 1 for utdyping.

Som totalentreprenøren er HENT ansvarlig for detaljprosjekteringen. Som vist i kapittel 6.7 vil en totalentreprisen si at byggherren kun har en kontrakt mot entreprenøren, som enten får tiltransportert rådgivere eller skaffer til veie sine egne. I dette prosjektet ble det en kombinasjon, hvor noen var med fra forprosjekt, mens andre ble byttet ut. HENT mener selv at disse omrokkingene har vært nødvendige for å gjøre dette til en god prosjekteringsgruppe. Hvordan dette har vært for noen av deltagerne i detaljprosjektet presenteres i de påfølgende avsnittene.

HENT har satset mye på å få til et samspill i hele PG, selv om de rent juridisk bare har en samspillskontrakt mot byggherren. Det er gjort grep i forhold til teambuilding

både i møter og sosiale sammenkomster. Konkrete eksempler er spørreundersøkelser blant deltagerne om hvordan de mener prosjektet går, middager etter arbeidstid og to dagers oppstartskonferanse med overnatting. I neste kapittel settes Sandaker i sammenheng med effektene man kan oppnå.

8.2 Entreprenørens gevinst

Som påpekt tidligere er det ingen grunn til å benytte BIM for en entreprenør om det ikke gir en eller annen form for gevinst. I dette kapitlet identifiseres det hvor gevinstene kan hentes.

En entreprenør står ansvarlige for å bygge prosjektet. For å gjøre dette på en mest mulig rasjonell måte er entreprenøren avhengig av en god byggeanvisning og god prosjektstyring. Byggeanvisningene får entreprenøren av de rådgivende ingeniørene, og veien frem mot denne går gjennom prosjekteringsfasen. Totalentreprenøren har selv det overordnede ansvaret for at bygget blir prosjektert.

Hvordan prosjektet styres er opp til entreprenøren selv. Denne styringen gjøres ved å benytte styringsverktøy som fremdriftsplaner og budsjett. For at disse skal speile virkeligheten best mulig har man til nå i stor grad vært avhengig av entreprenørens erfaring eller nøyaktighet med målestav når det kommer til mengder og bruk av tid.

Under er Tabell 2 fra kapittel 6.14 supplert med ytterligere to kolonner; hva målet vil være og hvorfor. Effektmålet er effektivitet, produktivitet eller kvalitet - alene eller sammen. Hvorfor dette er målene for de ulike områdene kommer frem i siste kolonne.

Tabell 4 Her er Tabell 2 utvidet med to kolonner, med effektmål for aktuelt område og begrunnelsen for dette.

Område	Gevinst	Effektmål	Kommentar
Krav i BIM	Man kan oversette lover og krav (ytre rammer) til regler som kan sjekkes i en BIM for å undersøke om prosjektet vil bli godkjent av offentlige myndigheter, byggherre eller andre.	Kvalitet	Er det stilt klare krav fra byggherre vil man med en enkel regelsjekk kunne avklare om disse er oppfylt. På samme måte kan dette gjøres ved hjelp av myndighetskrav og andre typer regler. Dette gjelder også energi-, brannkrav eller liknende.
Fremdrift i prosjekteringsfase	Ved å knytte objektene i modellen til spesifikke faser har man et middel for å måle hvor langt man har kommet.	Effektivitet, produktivitet	Det er mulighet for å kunne sette en god fremdriftsplan i prosjekteringsfasen om man kan styre ved hjelp av objektenes utvikling i modellen. Dette er likevel vanskelig da prosjektering i mange tilfeller er en abstrakt eller iterativ prosess.
Visualisering	En tredimensjonal modell gir brukere en større forståelse av bygget og en bedre mulighet for å komme med god tilbakemelding.	Effektivitet	Det går fortere å identifisere utfordringer, man kan derfor heller bruke tiden på å diskutere løsninger.

Kollisjonskontroll	Det er lettere å oppdage kollisjoner mellom fag, enten visuelt eller ved hjelp av regelbasert kontroll.	Effektivitet, kvalitet	Lett å se om objekter kolliderer, dermed lett å luke de ut. Bedre kontroll fører til færre kollisjoner som fører til bedre kvalitet på ferdig prosjektert materiale.
Budsjett og fremdrift i byggefasen	Nøyaktige mengder gir bedre tall i budsjettet og mengder til fremdriftsplanlegging.	Effektivitet, kvalitet	Mengdene ligger klare og man slipper dermed å måle. Bedret nøyaktighet gir bedre kvalitet.
Kvalitetssikring på byggeplass	Fokusområder kan identifiseres ved visualisering. Objekter kan gis ulike attributter avhengig av ferdiggrad, hvilket kan gi en oversikt over kvalitetssikring.	Kvalitet	Gitt at man har laget en fremdriftsplan ved hjelp av modellen er veien kort til å krysse av for om objektet er ferdig bygget etter spesifikasjonene. Ved å identifisere spesielle områder kan disse gis ekstra fokus for å sikre god kvalitet.

Som Tabell 4 viser åpner det seg mange muligheter når man skal implementere BIM i et detaljprosjekt. På kort sikt vil ikke alle være like enkle å implementere, og derfor heller ikke like aktuelle for Sandaker Skole. BIMen i Sandaker skole har først å fremst blitt brukt til visualisering og kollisjonskontroll for å oppdage feil. Fra dette utgangspunktet har det dukket opp ulike utfordringer og noen overraskelser, mer om dette i neste kapittel.

9 Gjennomføring og resultat

Her presenteres et sammendrag av undersøkelsene gjort i denne masteroppgaven. Det er foretatt en del dybdeintervjuer med deltagere i prosjekteringsgruppen og mange av modellene som er vært i bruk i gruppen er undersøkt med tanke på hvordan objektene utviklet seg gjennom prosessen.

9.1 Intervju med deltagere i en prosjekteringsprosess

For å undersøke hvordan bruk av BIM har påvirket deltagerne i detaljprosjektet til Sandaker skole ble det foretatt dybdeintervjuer med representanter for byggherre, entreprenør og de rådgivende ingeniørene. Følgende representanter ble intervjuet:

- Prosjektleder byggherre
- Prosjektleder entreprenør (PL)
- Prosjekteringsleder entreprenør (PRL)
- ARK
- RIB
- RIA
- RIE
- RIV
- LARK

Det står mer om intervjuenes oppbygging i vedlegg 2. Noe variasjon i spørsmålene forekommer siden de ulike aktørene har ulike roller og oppgaver. Resultatet av intervjurunden danner grunnlaget for de videre underkapitlene 9.1.1 til 9.1.7.

9.1.1 Tidlig nullpunkt

Det ble tidlig i prosessen foretatt plassering av nullpunkt, altså det felles referansepunktet alle må forholde seg til. Dette har nok gjort sitt til at man har klart å komme godt i gang med en BIM. Uten at man kan enes om et nullpunkt vil de ulike fagmodellene umulig kunne sammenliknes, og kontroll av sammenstilt modell vil være ubrukelig.

9.1.2 Ukentlig oppdatering

Måten man har benyttet BIM i dette prosjektet er ved å opprette en tverrfaglig modell. I denne modellen ligger bidrag fra ARK, LARK, RIB, RIE og RIV. Denne modellen oppdateres ukentlig hvorpå PRL foretar en tverrfaglig kollisjonskontroll. De prosjekterende har også adgang til å gjøre en slik kontroll, men dette har i liten grad blitt utnyttet.

9.1.3 Benyttes i kommunikasjon og møter

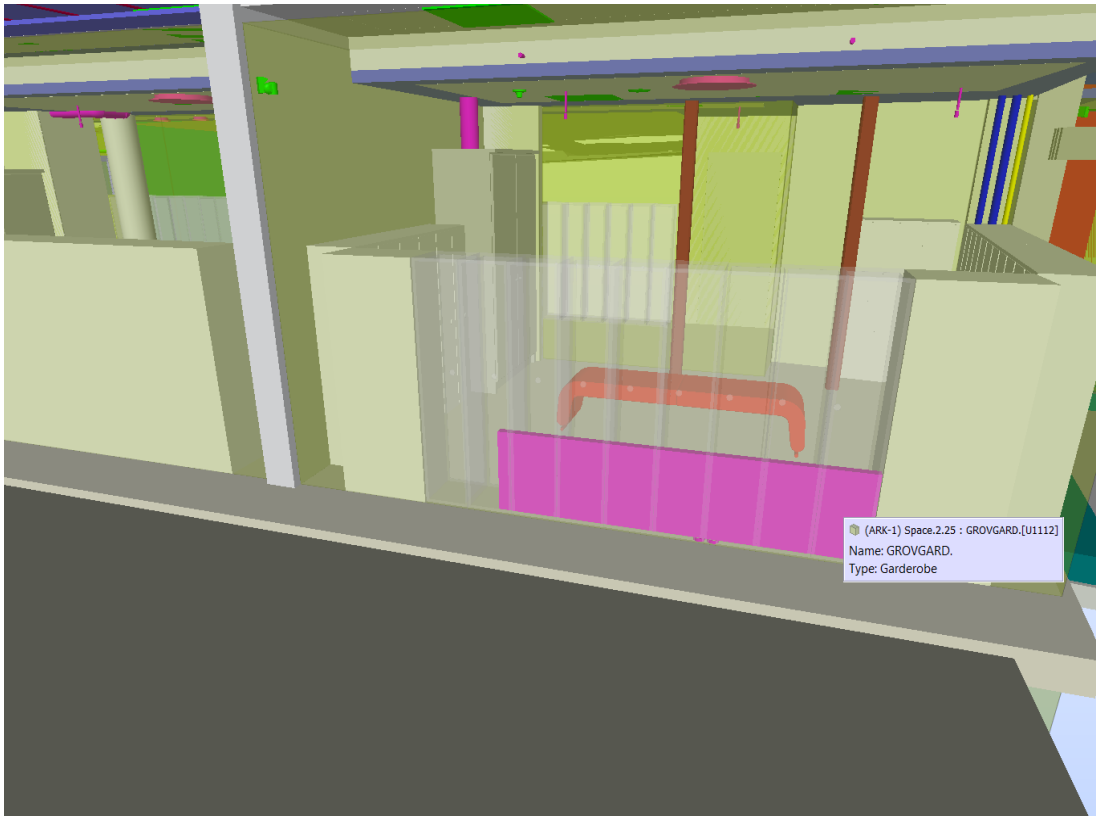
Man har brukt en mer rigid måte å kommunisere på, da all korrespondanse må gå gjennom prosjekteringsleder. Selv om deltagerne i gruppen benytter BIM for første gang, er det ingen som mener at samarbeidsklimaet har blitt påvirket som følge av dette.

Det har vært strengt forbudt å sende e-post med tegninger og modeller rådgiverne i mellom. Alle må benytte siste oppdaterte modell på et prosjekthotell, altså en webbasert lagrings- og koordineringsløsning, for at det ikke skal stilles spørsmål ved hvilke modell som er den siste.

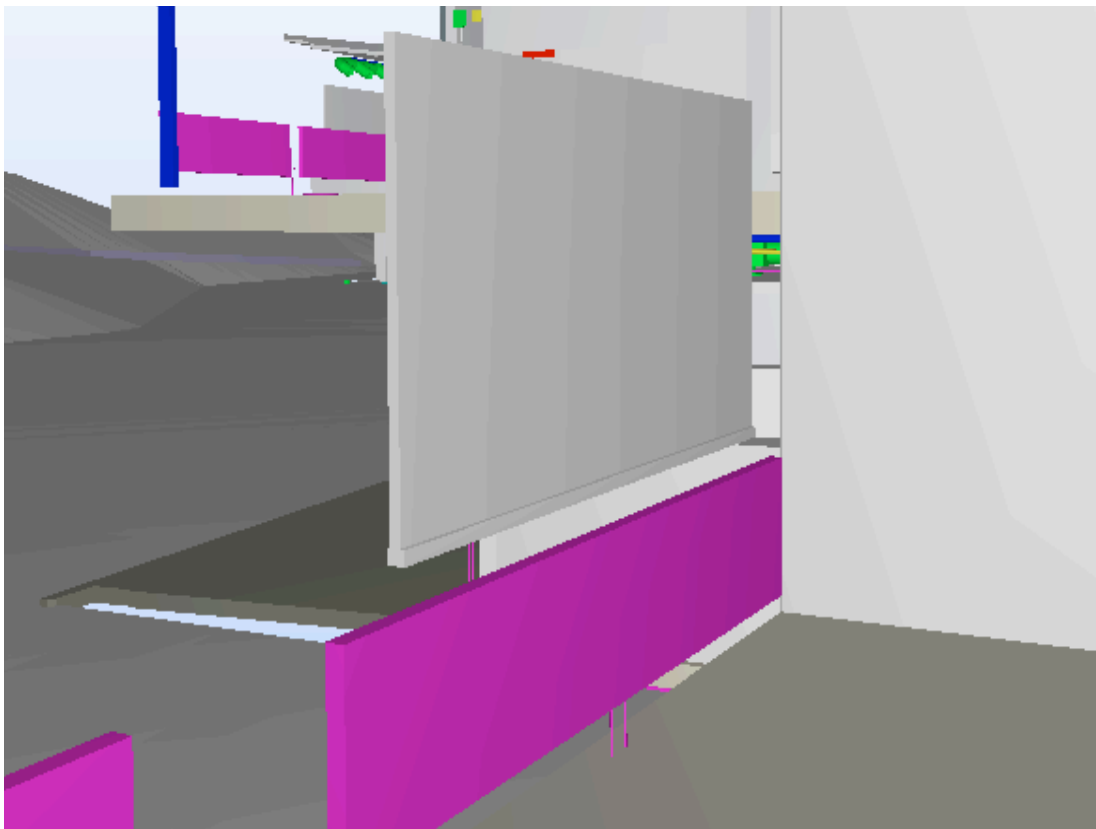
En annen funksjon ved den tverrfaglige modellen er utstrakt bruk av visualisering. Modellen benyttes i prosjekteringsmøter og i møtene til brukergruppen.

9.1.4 Koordinere problemområder

De fleste i prosjekteringsgruppen påpekte at den store fordelen med en BIM er muligheten for til å oppdage kollisjoner og dårlige løsninger. Det ligger i programvarens natur at objekter som overlapper hverandre vil oppdages, men man kan også påpeke dårlige løsninger som dukker opp på bakgrunn av visuell kontroll eller regelbaserte sjekker. Konkrete eksempler er henholdsvis at radiatoren er plassert inni et skap som vist i Figur 18, eller at en radiator står under en elektronisk tavle slik som i Figur 19. Begge tilfellene representerer uheldige løsninger, men kun den første er en overlapp mellom to objekter. Den andre ble oppdaget ved visuell kontroll.

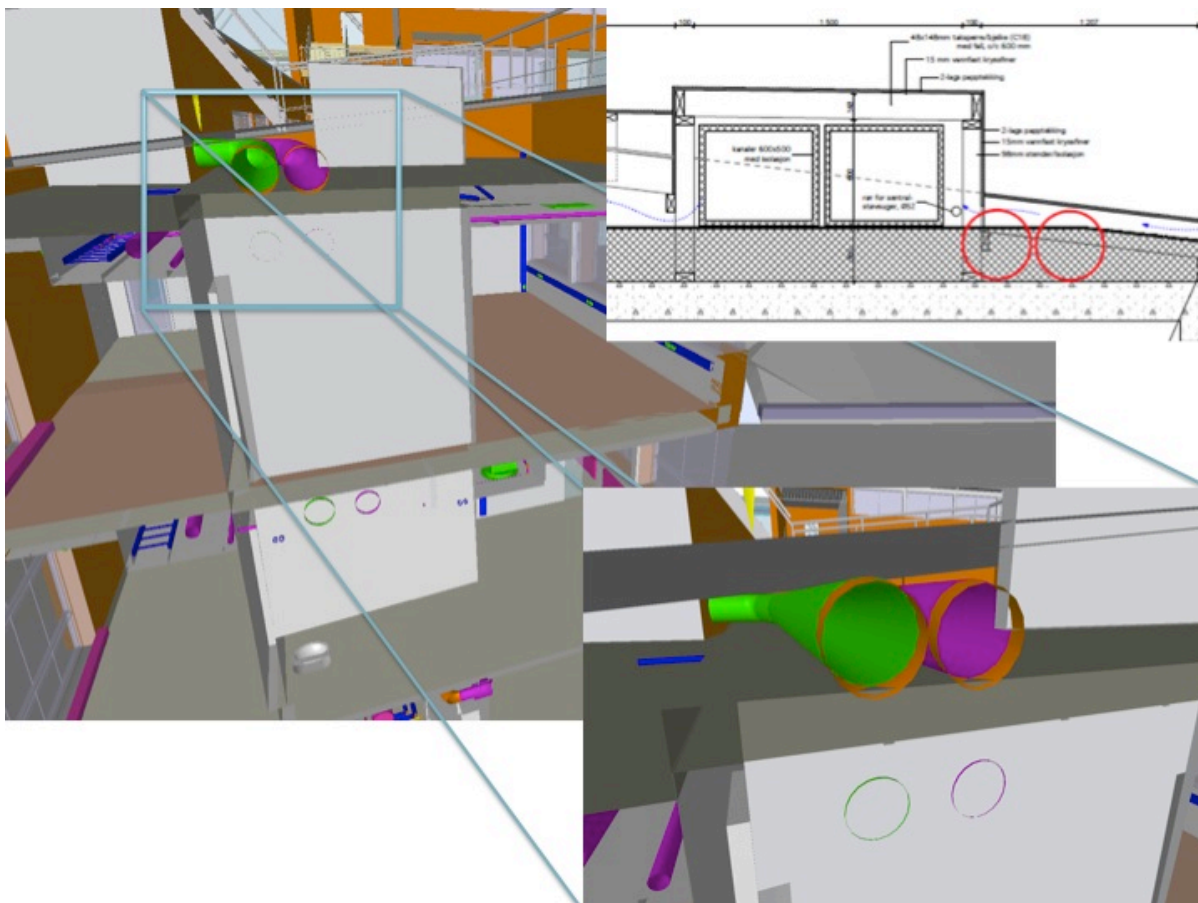


Figur 18. Utsnitt fra BIMen til Sandaker Skole. Inne i inventaret ligger en radiator.



Figur 19 Utsnitt fra BIMen til Sandaker Skole. En radiator er plassert rett under en elektronisk tavle.

Det skal påpekes at selv om man har jobbet hardt for å eliminere feilene i modellen, så har det vært eksempler på at selv ved aktiv bruk så har feil funnet veien til byggeplassen. Den mest graverende feilen var et område oppunder tak hvor RIV trodde det var plass til å legge rør, den er vist på Figur 20. Når man kom ut på byggeplassen viste det seg at den eksisterende konstruksjonen tok opp større plass enn modellert og at rørene dermed ikke fikk plass. En unøyaktig modellering av eksisterende konstruksjon hadde ført til en byggefeil.



Figur 20 viser området hvor takkonstruksjonen ikke var nøyaktig modellert, noe som førte til at RIV la inn ventilasjonsrør i dette området. Opp til høyre vises feilen på en arbeidstegning som to røde sirkler, samt hvordan det ble løst med to firkantede kanaler.

Rent praktisk så er dette en feil som mest sannsynlig ikke hadde dukket opp om man hadde hatt en modell med eksisterende konstruksjon før man startet prosjekteringen. Hadde det vært en grundig forprosjektmodell ville dette aldri blitt en feil, ei heller om prosjektet var et nybygg.

Etter at detaljprosjektet var avsluttet og materialet levert fant man mange feil og mangler. Det kom frem at alle feilene vistes i BIMen, og at det var de ulike rådgivernes mangel på egenkontroll som måtte ta skylden for manglene. Hadde

rådgiverne kontrollert materialet sitt opp mot BIMen kunne manglene man fant være rettet opp.

9.1.5 Feil ved eksport og import av IFC

Eksport fra fagmodellene til det åpne BIM-formatet IFC har for det meste gått greit. Det er kun LARK som har hatt vedvarende problemer med dette. Løsningen har vært å sende fagmodellen til ARK, som gjennom sitt program har eksportert til IFC. Man kan dermed se LARKs modell, selv om det er noen småfeil man ikke har fått bukt med. Dette er hovedsakelig at utendørs trapper ligger for lavt i terrenget, uten at dette er tilfellet i fagmodellen.

Det er vel og bra at man klarer å eksportere IFC fra de ulike fagmodellene. Men etter kontroll i gruppen skal man føre den åpne BIMen tilbake til eget program for å jobbe videre. Her har blant annet ARK fortalt at det dukker opp mye grums.

Det har seg slik at de fleste tekniske rådgiverne er avhengig av å benytte ARK sin modell som en referanse når de skal modellere sine installasjoner. Derfor blir disse referert inn i ARKs fagprogram. Når de etterpå skal eksportere sin fagmodell til IFC-formatet blir også ARK-objektene med. Dette fører for eksempel til at både ARK sin IFC og RIEs IFC inneholder ARK-objekter. Denne situasjonen skaper unødvendig støy. Selv om de er klar over problemet er den eneste løsningen en manuell rydding, som krever unødvendig tid.

9.1.6 Kan ikke jukse

Ingen av de involverte partene hadde tidligere jobbet i et prosjekt hvor man benyttet BIM på denne måten. Samtidig er dette et allerede eksisterende bygg. Derfor har det gått med mye tid til å modellere med en høyere grad av presisjon enn hva som var nødvendig om det var et nybygg og om informasjonen ikke skulle sammenstilles tverrfaglig.

9.1.7 Grovskisse fra dag 1

En strategi man iverksatte fra starten var at alle de prosjekterende måtte grovskissere hvordan deres modell kom til å se ut. Siden det var entreprenøren som satt med ansvaret for kollisjonskontroll i starten ble det rapportert et stort antall kollisjoner som i virkeligheten var objekter som fremdeles var i støpeskjeen. Motivasjonen for å rette på disse feilene var lav, da de prosjekterende ikke anså dette som feil, men snarere komponenter som ikke var ferdig gjennomarbeidet. En positiv konsekvens av dette var at man tidlig fikk fokus på områder hvor det lå et koordineringsbehov. Likevel følte de prosjekterende seg overkjørt da de ikke fikk jobbe i sitt tempo og med sitt eget fokus.

I et forsøk på å forbedre dette har det vist seg at den beste måten å få bukt med problemet på, er at de ulike prosjekterende tar ansvar for å kontrollere sitt fag opp mot den tverrfaglige modellen før disse kollisjonene sendes til prosjekteringsleder i form av en kollisjonsrapport. Alle rapportene settes sammen av prosjekteringsleder og disse gjennomgås i sin helhet på prosjekteringsmøtene. Mellom møtene tar de ulike fag tak i kollisjoner for å eliminere disse.

9.2 Undersøkelse av åpen BIM modell i Sandaker skole

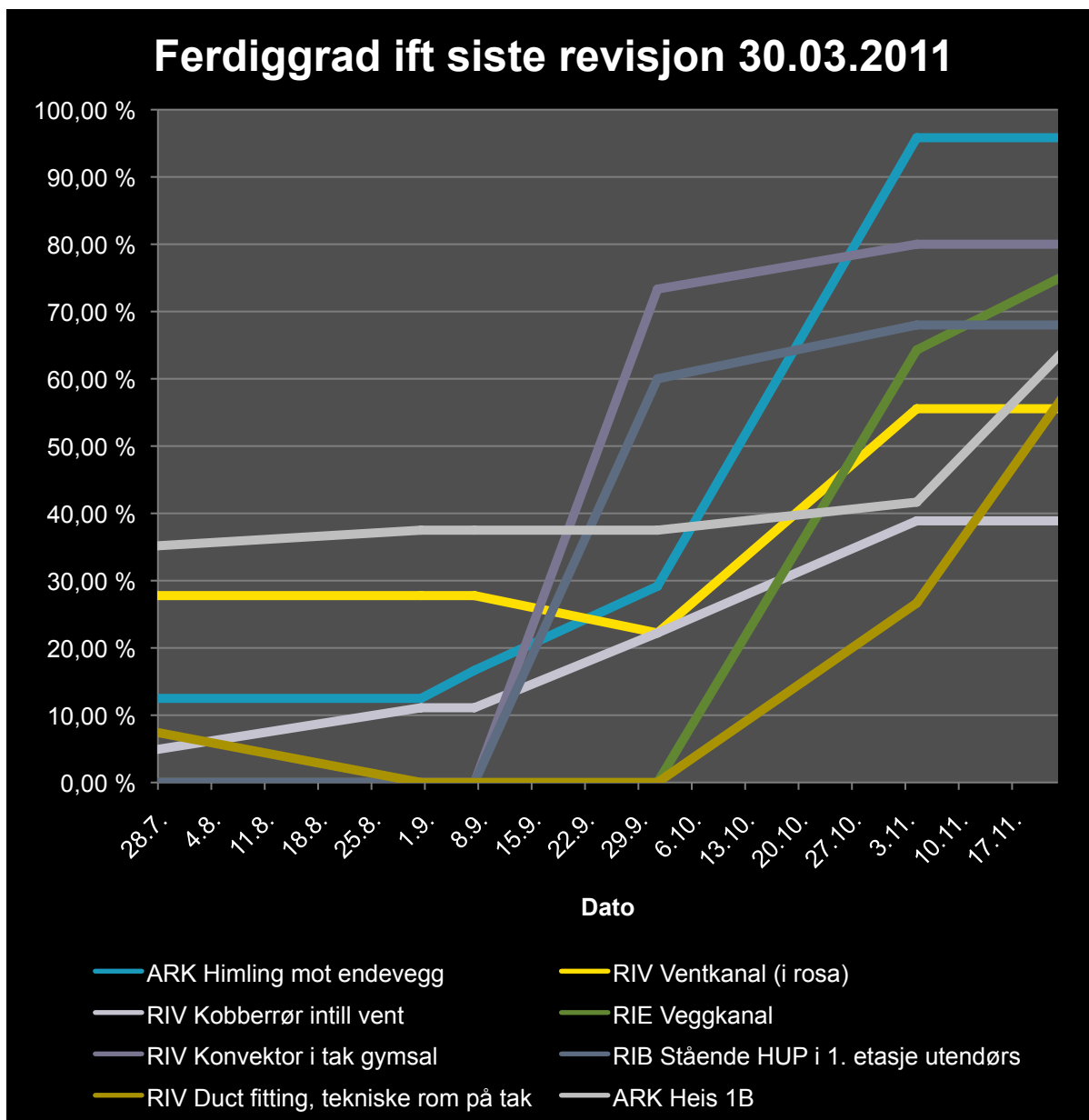
Modellene som er undersøkt er i hovedsak fra detaljprosjekteringsfasen, kalt fase 1, i 2010. Det ble laget et regneark som et ledd i undersøkelsen, mer informasjon om dette er å finne i vedlegg 3.

Det ble oppdaget feil og mangler etter at fase 1 var avsluttet som gjorde at fasen ble startet opp igjen på et senere tidspunkt for å rette opp de siste avvikene.

Detaljprosjekteringen begynte 28.07.2010 og skulle være ferdig 22.11.2010 - ti uker senere. Fremdriftsplanen ble revidert fire ganger, og endelig leveranse ble utsatt 14 dager.

Undersøkelsen tar for seg hvordan noen utvalgte objekter har endret karakter fra den første modellen datert 30.06.2010 (fra forprosjektfasen), til en modell datert 30.03.2011, hvor prosjekteringen av bygg 1 og 4 regnes som avsluttet.

Undersøkelsen er kvantitativ og sporer endringene i objektets informasjon. Informasjonen i den siste modellen, datert 30.03.2011 (heretter kalt referanse) regnes som det endelige resultatet. Informasjonen som ligger i objektene i de tidligere modellene kontrolleres opp mot referansen og antall like objektetegenskaper summeres for å danne en prosentvis likhet med referansen, heretter kalt ferdiggrad. Dette har gitt diagrammet slik det vises i Figur 21.



Figur 21 Diagrammet viser objektene prosentvise utvikling som linjer langs en tidsakse. 100% tilsvarer referansemodellen 30.03.2011, tidsaksen starter og slutter ved detaljprosjekteringens tiltenkte start- og sluttidspunkt for fase 1.

Generelt ser man at modellen utvikles gradvis gjennom prosessen, men hovedvekten av informasjonen settes inn mot slutten. I forhold til X-aksen, representert med dato, ser man tydelig at det i starten er liten forandring fra forprosjektmodellen. Man merker seg at mange av objektene som ligger i referansen mangler fullstendig i forprosjektmodellen.

Fra oppstart ligger ferdiggraden på 12-13 %. De to månedene fra 8.6 til 3.11, øker den fra rundt 13 % til 63%. I den siste måneden før fase 1 skal være ferdig ligger riktigheten mellom 40 % til 95 %.

Man kan velge å skylde mye på at dette er helt nytt for alle involverte parter, men det er likevel verdt å merke seg at om entreprenøren skal benytte modellen til for eksempel mengdeuttak, så vil mye være langt fra 100% korrekt.

10 Diskusjon

En totalentreprenør er kun tjent med å benytte BIM i detaljprosjekteringen om det gir en gevinst i form av høyere effektivitet, produktivitet eller bedre kvalitet. Før diskusjonen rundt dette tar til, er det viktig å huske at i følge undersøkelsen eksplorativ design i kapittel 7, har resultatene til hensikt å forstå fremfor å forklare.

I boken *Grunnleggende bedriftsøkonomisk analyse* hevder Kjell Gunner Hoff ved UMB at effektivitet er å gjøre de riktige tingene (Hoff 2009). Det handler om produktets nytte eller verdi for brukeren. For totalentreprenøren er produktet arbeidstegningene som produseres i løpet av detaljprosjektet, samt en BIM. Det er alltid ønskelig at disse skal være feilfrie når de skal tas i bruk. Andre produkter som kan komme av en BIM er nevnt i Tabell 4.

I en åpen BIM kan kollisjoner og uoverensstemmelser lukes ut før de finner veien til det endelige tegningsmaterialet. En annen effekt av å benytte en BIM er visualisering. Ikke alle kan lese og forstå en bygning kun ved hjelp av plan og snitt, selv om de skal ha innflytelse på hvordan resultatet skal se ut. Dette gjelder kanskje særlig brukerne, som ikke er en profesjonell part i et byggeprosjekt. De skal leve med valgene som tas i prosjekteringen i ettertid, og er i stor grad prisgitt materialet prosjekteringsgruppen forbereder når de skal ta sine beslutninger. Med den geometriske modellen kan brukerne identifisere seg med rom og funksjoner slik at de lettere gir god tilbakemelding på ting som bør endres. Et eksempel på dette var da man ved å se på modellen fant ut at det var et behov for ekstra vask og oppvaskemaskin i et rom der dette i følge kravspesifikasjonen ikke var påkrevd.

Eksempler som dette, og andre nevnt i kapittel 9.1.4, er hendelser som viser hvordan BIM har bidratt til at produktet totalentreprenøren skal bruke i utførelsen er av bedre kvalitet. Undersøkelser av modellens utvikling viser at selv med bruk av BIM er ikke modellen 100 % riktig detaljprosjektets avslutning. Dette har ført til både byggefeil og merkostnader, ved at detaljprosjekteringen av fase 1 måtte gjenopptas. Intervjuene avslører at de prosjekterende ikke kom frem til endelig løsning til rett tid på grunn av manglende egenkontroll. Dette er en av risikoene man løper i de fleste prosjekter, så det er vanskelig å tilskrive det implementeringen av BIM alene. Fristforlengelsen kan derfor i hovedsak skyldes menneskelig svikt.

De prosjekterende mener at en negativ konsekvens av å benytte BIM i prosjektet, er at modelleringen tar lengre tid. Dermed at produktiviteten for de prosjekterende blitt lavere. Hoff definerer produktivitet som hvor stor produksjonsmengden er i forhold til ressursforbruket (Hoff 2009). Produsert mengde gjenspeiles i BIM og tegninger.

Produksjonsmengden er noe større enn i et vanlig prosjekt hvor man kun overleverer arbeidstegninger. Mengden er likevel ikke uproporsjonalt mye større, det er viktig å merke seg at tegningene i stor grad baserer seg på BIMen. Som nevnt var ikke BIMen tegningene baserer seg på helt korrekt, dermed kan man heller ikke forvente et feilfritt tegningsunderlag.

Det er særlig på grunn av at dette er et rehabiliteringsprosjekt at produktiviteten for de prosjekterende er lavere enn vanlig. Mange av etasjene har varierende høyde og tykkelse på dekker, noe som har ført til et omfattende arbeid for å få BIMen til å stemme overens med virkeligheten. Ved prosjektering av et nybygg er dette noe man slipper å forholde seg til.

I tillegg til at man må være veldig nøye med forhold knyttet til eksisterende konstruksjoner, holder det heller ikke å modellere kun utvalgte områder som skal tjene som prinsipp for resten. Alt må modelleres for å få en mest mulig komplett modell. Denne grundige måten å jobbe på gjør at modelleringsjobben tar lengre tid enn ved et prosjekt hvor man ikke har fokus på åpen BIM. Isolert sett synker faktoren man kaller produktivitet fordi ressursforbruket, forbruk av tid, er høyere. At man går grundigere til verks betyr også at produksjonsmengden er større, noe som betyr at produktiviteten likevel ikke synker like mye dersom man ser både ressursforbruk og produksjonsmengde i sammenheng. Nøyaktig produktivitet i forhold til prosjektering med og uten BIM er det ikke tatt stilling til i denne oppgaven - dette er antagelser.

Man skal merke seg at selv om produktiviteten i detaljprosjektet muligens sank er dette kanskje noe totalentreprenøren kan tjene inn igjen ved at man i utførelsesfasen vil bruke mindre tid på å rette feil. Ettersom prosjektets fase 1 ikke er ferdig bygget enda er det for tidlig å si om det er flere byggefeil enn ved tilsvarende prosjekter.

Det er viktig å merke seg at informasjonsriktigheten i BIMen følger en form for s-kurve forskjøvet mot høyre fra ferdig forprosjekt til ferdig detaljprosjekt fase 1, som vist i Figur 21 side 36. Flere faktorer kan ha bidratt til at utviklingen i BIMen over lengre tid stod nærmest stille. Mange av deltagerne i gruppen mente de fikk for lite tid og at mye av tiden i begynnelsen gikk med til å rydde i en unøyaktig forprosjektmodell. Dette var det første prosjektet hvor deltagerne modellerte en felles modell. Det er vanskelig å si om kurven ville hatt en jevnere stigende trend dersom deltagerne hadde mer erfaring med denne arbeidsmetoden, eller om det forelå en bedre modell fra forprosjektet, men det er en mulighet. Ettersom dette er et av de første BIM-prosjektene til UBF foreligger det ingen krav til hvordan forprosjektmodellen skulle eller burde være. Ettersom gjenbruk er et av BIMens store

fortrinn, er det ikke vanskelig å se at det i overgangen mellom forprosjekt og detaljprosjekt er mer å hente enn hva tilfellet har vært i dette prosjektet.

Gjennom intervjuene i denne oppgaven har det kommet frem at man har benyttet nye måter å kommunisere på, ved å bruke modellen i møter og grunnet forbudet mot å sende tegninger og modeller rådgivere imellom. Dette har ført til at alle benytter det samme underlaget til enhver tid, som forhindrer feil og misforståelser.

Entreprenøren har hatt utbytte av dette ved at de har en bedre oversikt over kommunikasjonen. De øvrige aktørene var også svært fornøyd med denne løsningen, der alle til enhver tid visste hva som var siste versjon og når den neste versjonen ble tilgjengelig. Sett i lys av at prosjekteringsprosessen til tider kan være kaotisk er en slik rigid metode et godt tiltak.

Som nevnt viser både intervjuer og modellundersøkelse at detaljprosjekteringen ikke ble ferdig til rett tid. Presisjonsgraden i et BIM-prosjekt ble av noen hevdet å være årsak, siden man må være mer nøyaktig både på grunn av BIM og i tillegg at dette er et rehabiliteringsprosjekt. Det kan også skyldes lite fokus på egenkontroll hos de enkelte rådgiverne. Det var i stor grad entreprenøren som stod for kollisjonskontrollene, og tok dette videre til rådgiverne etterpå.

Mange av rådgiverne var misfornøyd med at flere av kollisjonene ikke var reelle, i den forstand at dette var områder av bygget som ikke var ferdig prosessert. Dette bidro til at de påpekte områdene i liten grad ble rettet. Et annet aspekt kan være at siden rådgiveren ikke foretok kontrollen selv ble eierskapet til feilen svakt, og derfor også motivasjonen for å rette den lav. Å pålegge de enkelte rådgivere å foreta en kollisjonskontroll som en del av sin egenkontroll, kan både øke eierskapet og motivasjonen for å rette. Om man må trekke flere av rådgiverne inn for å koordinere området med feil kan dette gå gjennom prosjekteringsgruppen, men hver enkelt feil må ikke opp i fellesskap i gruppen. Dette kan kanskje strømlinjeforme prosessen ytterligere.

Flere av rådgiverne har skissert i modellen med sitt CAD-verktøy. Noen av skissene har funnet veien til modellen og ført til kollisjoner. PRL, som hadde ansvaret for å utføre kontrollene, var ikke klar over at dette kun var skisserte objekter, og tolket dermed dette som reelle kollisjoner. Tiden man brukte på dette i PG-møtene var dermed bortkastet, ettersom objektet bare var på skissestadiet. Dermed kan det være en ide å statusmerke objektene, for å forhindre slike misforståelser. I Tabell 5 er det foreslått en mulig inndeling. Denne viser muligheten for én status ved egenkontroll og én for tverrfaglig kontroll i gruppen.

Tabell 5 En foreslått inndeling av objektenes ferdiggrad, som gir en enklere identifisering av fremdrift og endringsmuligheter.

Ferdiggrad	Benevning	Kommentar
0	Skisse	Om man har en forprosjektmodell eller annen type skisse har objektene denne statusen
1	Avklart internt	Objektet er plassert riktig i forhold til egen modell i lukket fag-BIM
2	Avklart eksternt	Objektet er testet og godkjent i åpen BIM.
3	Innkjøpt	Objektet er innkjøpt av totalentreprenøren, dermed er objektet er låst og klart til å bygges. Detaljprosjektering av objektet er over.

Som entreprenør er man i løpet av en prosjekteringsfase prisgitt de rådgivende ingeniørenes innsats når det kommer til fremdrift. Man kan til en viss grad sette opp en reel fremdriftsplan for de prosjekterende på lik linje med Gantt-diagrammene man benytter for å planlegge arbeidet som foregår på byggeplassen, men det har vist seg i Sandaker-prosjektet at denne ikke har fungert.

Tidsmessig er detaljprosjekteringsfasen vanskelig å styre, siden det er såpass vanskelig å måle hvor langt man til en hver til er kommet. Dessuten skal produktet som skapes i prosessen håndteres av flere ulike roller, for eksempel ARK og RIE, RIB og RIV, osv. Informasjonen som til slutt blir produktet, vil ofte sendes frem og tilbake mellom disse rollene flere ganger før man kan si seg fornøyd. Dette er en dynamisk prosess man vanskelig slipper unna, da et byggeprosjekt består av utallige grensesnitt de ulike rådgiverne imellom.

Slik undersøkelsen av modellen er gjort i denne oppgaven, er det vanskelig å si noe om ferdiggraden på forhånd, siden man ikke vet hva som er sluttproduktet. Ved en benevning som i Tabell 5 er det enklere å til enhver tid ha oversikt, om man evner å oppdatere status fortløpende. En fordel med dette er at terskelen for å gjør endringer når objekter nærmer seg innkjøp eller er godkjent i åpen BIM, kan bli høyere.

Det er ingenting i veien for å fortsette benevningen fra Tabell 5 videre gjennom byggeprosessen, for eksempel satt i sammenheng med ISO 22263, men i denne oppgaven omhandler detaljprosjekteringsfasen.

Det er vanskelig å sette et objektivt mål på kvalitative egenskaper. Likevel er færre byggefeil en indikator på at kvaliteten på prosjekteringsmateriellet er bedret. At man går fra å ta ut mengder ved hjelp av linjal til å benytte de faktiske tallene i modellen, hever kvaliteten på mengdene og gir prosjektet en mer nøyaktig pris. De kvalitative gevinstene for entreprenøren er presentert i Tabell 4.

Undersøkelsene som er utført i den masteroppgaven sier lite om kvaliteten på beslutningene som er gjort, eller om de er bedre enn ved tradisjonell prosjektering.

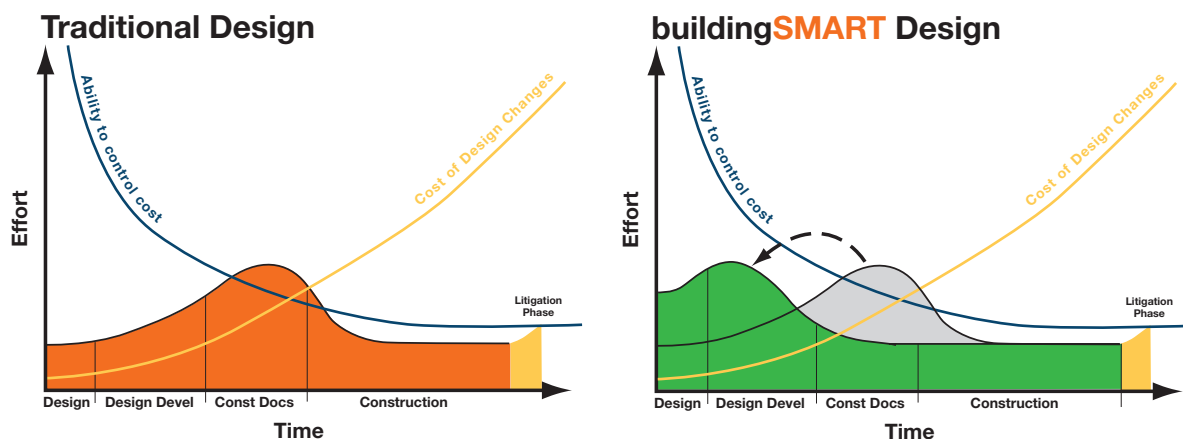
Man kan trekke slutningen at siden kvaliteten er bedre på produktet så er også beslutningene bedre, men det kan også være beslutningsgrunnlaget som er forbedret. Det har vist seg vanskelig å finne en klar sammenheng mellom en konkret beslutning og et konkret objekt. Dette kan skyldes at beslutningene er en del av den dynamiske prosessen og at denne prosessen er lite transparent og vanskelig å tilnærme seg utenfra.

Ettersom prosjektet består av mange eksisterende konstruksjoner er det viktig å kunne skille det eksisterende fra det som skal bygges nytt. Uten en god måte å gjøre dette på vil ikke mengdene i BIMen, sett fra en innkjøpers ståsted, være gode nok. I Sandaker-prosjektet viste det seg å ikke være mulig å ta ut mengdene det var behov for, ettersom modellen ikke hadde den riktige informasjonen på det tidspunkt innkjøpene skulle gjøres. For at kvaliteten skal være riktig på innkjøpstidspunktet, må enten innkjøpstidspunktet skje senere eller s-kurven for de aktuelle objektene må forskyves mot venstre.

Det er viktig å merke seg at et objekt ikke må være 100% riktig for å bestille det, men de relevante attributtene må være korrekte. Et eksempel vil være en stikkontakt. Så lenge man vet at den eksisterer og typen er bestemt, er det ikke nødvendig å plassere den geometrisk korrekt på innkjøpstidspunktet. For objekter som vegger og liknende er man i større grad avhengig av at geometrien er riktig, da dette gjenspeiles direkte i mengdene.

Dersom det er behov for en mer detaljert statusmarkering kan man benytte ferdiggraden fra Tabell 5 på den enkelte attributt. Ved å låse visse parametre, kan man bestemme at disse danner grunnlag for beslutningene videre. Konkrete eksempler er størrelsen på døråpninger eller underkant av ventilasjonskanaler over himling.

Isolert sett er en konsekvens av å ha god kontroll på beslutningsgrunnlaget at man ikke må avgjøre alle attributter tidlig i et stort omfang, slik man ofte har tenkt, her illustrert ved den berømt MacLeamy-kurven i Figur 22 (MacLeamy 2004).



Figur 22 Til venstre illustreres tradisjonell prosjektering, den sorte linjen viser muligheten for kostnadskontroll, mens den gule linjen viser kostnadene ved å endre løsningen i en gitt fase. Den bølgede kurven viser hvor de fleste beslutninger tas. Ved bruk av BIM ønsker man å flytte beslutningene til et tidligere tidspunkt, som vist til høyre (MacLeamy 2004).

Når man har bedre kontroll på alternativene er det lettere å ta avgjørelser senere, fordi endringer kan dermed gjøres hurtigere. I forhold til Figur 22 betyr det at den gule kurven for "kostnad ved å endre design" vil stige saktere enn illustrert i detaljprosjekteringsfasen. Det må påpekes at dette kun blir spekulasjoner, men det er likevel en besnærende tanke siden all BIM-tankegang tradisjonelt har fokusert på å flytte beslutningene til en tidligere fase.

Som påpekt i kapittel 6.12 er det forskjell på dynamiske prosesser og et mer konkret krav, som for eksempel IDM. En detaljprosjekteringsfase er en dynamisk prosess som skal ende opp i et konkret produkt. Siden produktet skal være ferdig til et gitt tidspunkt, kan man sette et krav til sluttresultatet, altså en IDM. Det er vanskelig å kontrollere prosessen. Som prosjekteringsleder er man derfor avhengig av en form for prosedyre for å kunne kontrollere prosessen, her kommer BIM-manualen inn i bildet. Tradisjonelt har styringsverktøyene vært papirtegnninger, møtereferater og egne særmøter. Med BIM kan man mer direkte gå inn i den felles modellen via egnet programvare, som Solibri Modelchecker, for å plukke fra hverandre prosjektet og påpeke mangler og uheldige løsninger. Som nevnt er det kanskje også mulig å sette sammen en form for fremdriftsplan, og IDMer som avgjør hva som skal være ferdig til et gitt tidspunkt. Informasjon som denne passer inn i en BIM-manual for prosjektet, ettersom det er en metodikk som benyttes gjennom hele prosessen.

Det eksisterer en BIM-håndbok i Sandaker-prosjektet, som forteller kort om koder, arbeidsmetodikk og målsetting. Tiltak som benevning av objekter passer inn i metodikken ettersom det er måte å styre prosessen på, mens et krav om ferdig

objekter til innkjøp bør være en IDM. Dette fordi de ulike innkjøpene skjer ved spesifikke tidspunkt, mens objektenes ferdiggrad endres som følge av den dynamiske prosessen. For å lage en IDM er man avhengig av et bestemt tidspunkt. I BIM-manualen kan man også nevne de ulike effektene man har av BIM. Slik kan leseren se nytten og derigjennom få ekstra motivasjon, om dette er først gang man benytte BIM.

Det er i undersøkelsen avslørt at man har gjort mye riktig i implementeringen av BIM i detaljprosjektet. Det kan ha sammenheng med at man valgte å fokusere på få og enkle ting i starten. At man klarer å etablere en felles modell er det første steget i implementeringen, og allerede her åpner muligheten seg for å benytte kollisjonskontroller og visualisering.

Dybdeintervjuenes design har ført til at mange nye spørsmål har åpenbart seg, og det må sies å være poenget med en eksplorativ undersøkelse. Likevel er det vanskelig å kunne komme til en entydig og konkret konklusjon på problemstillingen. De grove hypotesene gir her en indikasjon.

11 Konklusjon

For å besvare problemstillingen "Hvordan kan totalentreprenøren ha nytte av BIM ved implementering i detaljprosjekteringen?" er det foretatt intervjuer og modellundersøkelser av et case-prosjekt. Disse undersøkelsene er sett i lys av hva man forventet og samtidig har de reist en hel del nye spørsmål. Ut fra de grove hypotesene kan man konkludere med følgende:

Finne prosjekteringsfeil

Mange medlemmer av prosjekteringsgruppen følte de fikk bedre kontroll på rehabiliteringsprosjektet som følge av at de hadde en felles modell å forholde seg til. Dette kunne ha medført færre prosjekteringsfeil, hadde de prosjekterende benyttet BIMen. På dette punktet er det en del å hente på egenkontroll hos hver enkelt rådgiver.

Tatt lengre tid

Alle i prosjekteringsgruppen mente de hadde brukt mer tid på dette prosjektet enn hva de ville gjort om de ikke skulle forholde seg til bruk av BIM. Det er vanskelig å si at dette skyldes implementering av BIM alene, men flere rådgivere mener at de ville bruke mer tid også ved videre BIM-prosjektering.

Kan bruke informasjonen i modellen til å koordinere fremdrift

Det kan derfor være lurt med en indikator i modellen som direkte sier noe om hvor langt hvert enkelt objekt har kommet, da informasjonsmengden i objektet alene sier lite om fremdriften.

I det store bildet er det vanskelig å komme med en entydig konklusjon. Ved implementeringen har det vært utfordringer både med tid og teknologi. Noen klare gevinster er generell visualisering og kollisjonskontroll som finner feil og gir alle parter mulighet til å gi gode tilbakemeldinger. Som Tabell 4 viser er det fremdeles mange uutnyttede gevinster entreprenøren kan ha av BIM.

Et av de enkleste grepene er å overlate kollisjonskontroll til de ulike rådgiverne, samt å faseinndelegge objektene i modellen. Da slipper man unødvendige kollisjoner og det er mulig å undersøke modellens status. Dette kan støtte prosjekteringsledelsen i styringen mot ferdig prosjektering. I tillegg er det mulig å bruke mengdene i BIMen til både fremdrift og mengdeuttak. Skal dette gjøres bør man planlegge med dette fra start, slik at riktige objekter er ferdig til rett tid. Dette kan gjøres ved bruk av IDM.

Totalentreprenøren har allerede ved første BIM-prosjekt ment at resultatet var bedre enn ved tradisjonell prosjektering. Dette er derfor noe HENT vil fortsette med fremtiden.

12 Videre arbeid

Som et resultat av denne oppgavens eksplorative design har det underveis i undersøkelsene dukket frem ulike aspekter som ikke helt har passet inn i oppgaven, men som kan være interessant å se nærmere på i videre arbeid.

En totalentreprenør er tjent med å strømlinjeforme prosjektet i størst mulig grad, da de fleste regningen havner på dennes bord uansett. Derfor kan det være interessant å undersøke hvordan man kan optimalisere bruk av BIMen slik at den blir et levende dokument som følger prosjektet fra start til overlevering til byggherre. Tabell 4 er i den forstand kun en begynnelse, og omhandler i all hovedsak detaljprosjektet.

Det kan være aktuelt å jobbe videre med IDMer mulighet for å opptre som overleveringskrav i praksis. Dette kan være enda et nytt styringsverktøy for prosjekteringslederen. Ulike lover og forskrifter kan i en regelbasert sjekk kjapt finne feil og uheldige løsninger i modellen.

Fra byggherrens ståsted kan det være spennende å undersøke om man kan benytte IDM i en generalentreprise hvor mengdebeskrivelsene er svært detaljerte, og i en totalentreprise hvor man i større grad opptre med generelle beskrivelser av konsept og funksjoner.

Videre er det også interessant å vurdere om man i realiteten kan styre fremdriften i detaljprosjekteringen. Det er i denne oppgaven foreslått en mulighet ved å ta for seg fasemerking av objekter som basis for en prosjekteringsfremdriftsplan, men denne er ikke utprøvd i praksis. Her hører metodikken kanskje hjemme i en BIM-manual mens IDMer kan opptre som milepæler.

13 Litteratur

- Andresen, I., Kleiven, T., Malvik, B. & Ryghaug, M. (2007). *Smarte energieffektive bygninger*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- buildingSMART International. (2011a). *buildingSMART International - buildingSMART*. Tilgjengelig fra:
<http://buildingsmart.be.no:8080/buildingsmart.com/about-us> (lest 15.02).
- buildingSMART International. (2011b). *Model - Industry Foundation Classes (IFC)*: buildingSMART International. Tilgjengelig fra:
<http://buildingsmart.com/standards/ifc> (lest 12.03).
- Cappelen, H. (2001). *Byggherren og kontraktene: kontraktsinngåelser for bygg og anlegg*. Drammen: Byggherreforl. 392 s.
- Direktoratet for forvaltning og IKT. (2010). *Samspillsentrepriser*. Oslo. Tilgjengelig fra: <http://www.anskaffelser.no/art/bygg-anlegg-eiendom/artikler/2010/10/samspillsentrepriser> (lest 11.03).
- Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2008). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Illustret utg.: Wiley. 490 s.
- Gripsrud, G., Olsson, U. H. & Silkoset, R. (2004). *Metode og dataanalyse: med fokus på beslutninger i bedrifter*. Kristiansand: Høyskoleforl. 414 s.
- Haugen, T. I. & Mordal, S. E. (2000). *Samspillet i byggeprosessen: visjonen, gjennomføring og resultater*. Trondheim: Samspillet i byggeprosessen (SiB). 18 s.
- Hoff, K. G. (2009). *Grunnleggende bedriftsøkonomisk analyse*. Oslo: Universitetsforl. 432 s.
- Ingvaldsen, T. (2001). *Ledelse av byggeprosjekter i boligbyggelag: veileder (del 1) : systemmodell (del 2)*. Prosjektrapport, b. 306-2001. Oslo: Instituttet. 133 s.
- ISO 22263. (2008). *ISO 22263:2008 Organization of information about construction works -- Framework for management of project information*: ISO. 14 s.
- ISO/FDIS 29481 - 1. (2010). *ISO/FDIS 29481 - 1:2010 Building information modeling -- Information delivery manual -- Part 1: Methodology and format*. 34 s.

- ISO/TS-12911. (2010). *ISO/TS-12911 Framework for Building Information Modelling Guidance*. 40 s.
- Kiviniemi, A., Tarandi, V., Karlshøj, J., Bell, H. & Karud, O. J. (2008). Review of the development and implementation of IFC compatible BIM, Final Report of the Erabuild Project: Erabuild. 128 s.
- Lawson, B. (2006). *How designers think: the design process demystified*. Oxford: Architectural Press. 321 s.
- Lillehagen, F. & Krogstie, J. (2008). *Active knowledge modeling of enterprises*. Berlin: Springer. 436 s.
- MacLeamy, P. (2004). Building Design and Construction. *WP-1202*.
- Meland, Ø. (2000). *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko?: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for bygg- og miljøteknikk, Institutt for bygg- og anleggsteknikk*.
- National Institute of Building Science. (2007). *National Building Information Modelling Standard*. http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf: National Institute of Building Science,. 183 s.
- Newton, I., Cohen, I. B. & Whitman, A. M. (1999). *Principia*. Berkeley, California: University of California Press. 974 s.
- NS 3431. (1994). *NS 3431:1994 Alminnelige kontraktsbestemmelser for totalentrepriser*. NS. 36 s.
- NS 8402. (2010). *NS 8402:2010 Alminnelige kontraktsbestemmelser for rådgivningsoppdrag honorert etter medgått tid*. NS. 16 s.
- NS 8405. (2008). *NS 8405:2008 Norsk bygge- og anleggskontrakt*. NS. 36 s.
- NS 8406. (2009). *NS 8406:2009 Forenklet norsk bygge- og anleggskontrakt*. NS. 20 s.
- Oslo Kommune. (2011). *Sandaker videregående skole - Skolens historie*. Oslo. Tilgjengelig fra: <http://www.sandaker.vgs.no/skolen/skolen3.shtml> (lest 14.03).
- Plan og Bygningsloven. (2010). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling av 27. juni 2008 nr. 71*. Oslo: Faktaforl. 322 s.
- Plan og Bygningsloven. (2011). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling av 27. juni 2008 nr. 71*. Oslo: Faktaforl. 305 s.

- Royal Institute of British Architects. (2004). *SFA/99: Standard form of Appointment for an Architect*. RIBA Publishing. 16 s.
- Schijlen, J. T. H. A. M. (2010). *An International Scope of BIM*. Lisse, Netherland: Gobar adviseurs. 69 s.
- Statsbygg. (2008). *FoU-arbeidet i 2008*. Oslo: Statsbygg. Tilgjengelig fra: http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/fouprosjekter/FOU_2008.pdf (lest 25.02).
- Statsbygg. (2009a). *National Museum at Vestbanen -- Open Planning and Design Competition -- Appendix 5.6 Digital 3D model and BIM requirement*. 18 s.
- Statsbygg. (2009b). *Statsbyggs BIM-manual*: Statsbygg. 98 s.
- Statsbygg. (2011). *Statsbyggs BIM-manual*: Statsbygg. 81 s.
- Undervisningsbygg Oslo KF. *Undervisningsbygg - Presentasjonsbrosjyre*. Oslo. 16 s.
- Undervisningsbygg Oslo KF. (2009). *Sandaker 1-10 skole*. Oslo. Tilgjengelig fra: http://www.undervisningsbygg.oslo.kommune.no/skoler_under_bygging/article94564-25138.html (lest 14.03).
- Wigen, R. (1990). *Bygningsadministrasjon*. Trondheim: Tapir. 152 s.

14 Vedlegg

Under dette kapittelet ligger vedleggene det er referert til tidligere i teksten:

- Vedlegg 1: Case-prosjektet
- Vedlegg 2: Intervjuguider
- Vedlegg 3: Undersøkelse av Solibri-modeller

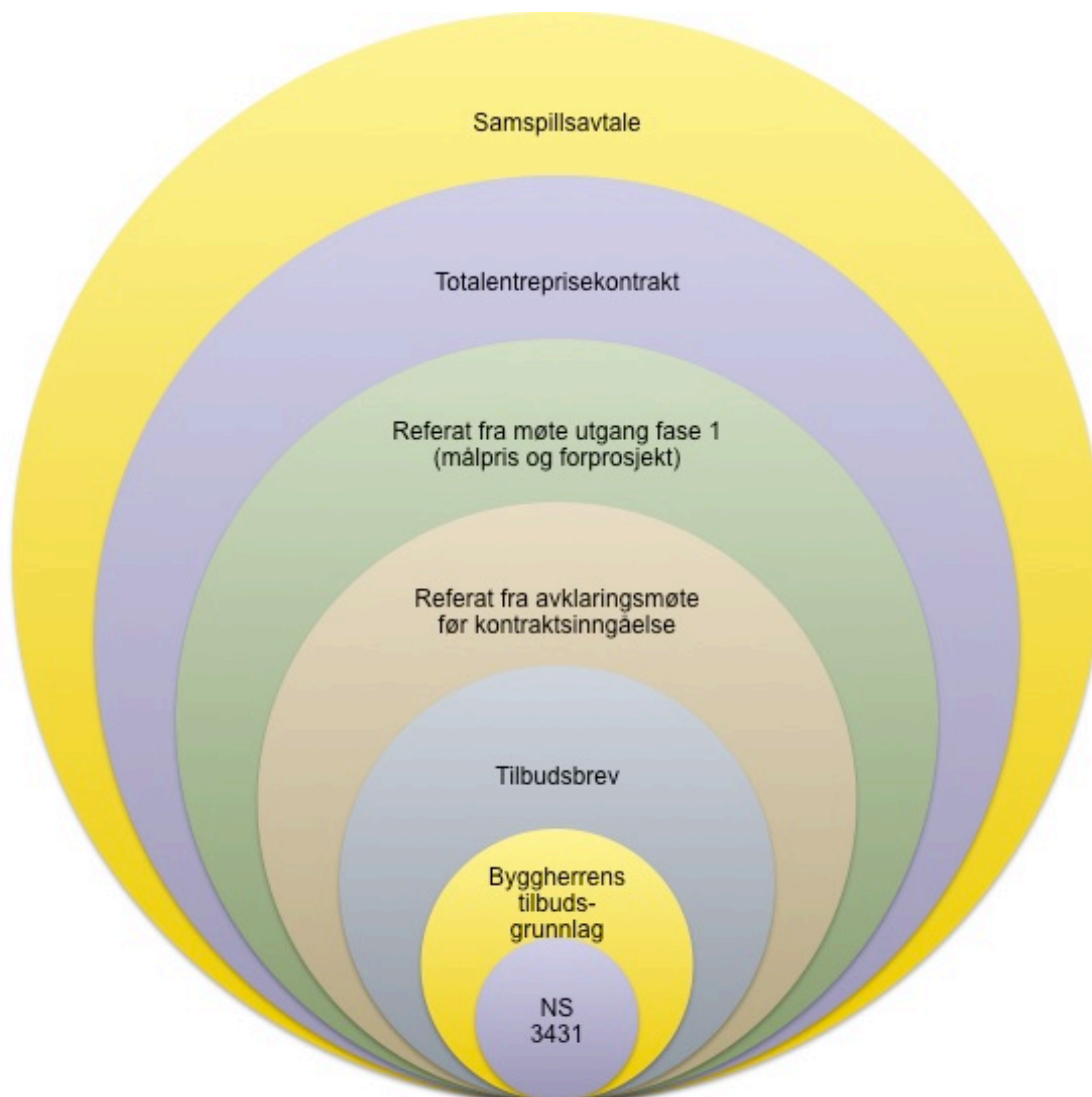
14.1 Vedlegg 1: Case-prosjektet

Oslo får stadig flere innbyggere og behovet for infrastruktur øker. Det bygges både nytt og mye av det gamle rehabiliteres.

Ettersom Oslo er en stor by er det til enhver tid mange prosjekter under oppføring eller planlegging. Oslo hadde i 2001 vokst seg så stort at man så seg nødt til å profesjonalisere måten man arbeidet med blant annet utvikling, bygging, drifting og forvaltning av skoler. 1. januar 2002 ble derfor Undervisningsbygg skilt ut som et kommunalt foretak under Oslo Kommunes utdanningsetat (Undervisningsbygg Oslo KF).

Sandaker skole ble oppført i 1959 (Oslo Kommune 2011), og har i den senere tid fungert som videregående skole i Oslo. Når dette skrives (mai 2011) har man startet arbeidet med å gjøre om fra videregående skole til barnehage og barne- og ungdomsskole (Undervisningsbygg Oslo KF 2009). Eksisterende bygningsmasse består av en skolebygning bestående av flere fløyer, samt en mindre barnehage. Disse er på byantikvarens gule liste.

Prosjektet gjennomføres som en samspillentreprise. Det betyr at entreprenøren inngår en kontrakt med byggherren om å lede en allianse mellom tekniske underleverandører, rådgivere og arkitekter. Kontrakter og juridiske dokumenter mellom byggherre og entreprenør er fundert på NS 3431 og organisert som vist i Figur 23 viser.



Figur 23 Illustrasjon over kontraktsoppsette mellom entreprenøren HENT og byggherren Undervisningsbygg.

Prosjektets detaljprosjekteringsfase er delt inn i to. De to fasene omhandler ulike deler av skolen, illustrert på Figur 24. Den første fasen skulle i utgangspunktet være fra 28.07.2010 til 22.11.2010. Etter dette skulle man starte på Fase 2.



1 : 1000; 29.06 SANDAKER SKOLE, PLANAVGRENSING, Kristiansen & Bernhardt . arkitektur . interior

Figur 24 Her illustreres hvilke bygg som faller inn under hvilke fase.

14.2 Vedlegg 2: Intervjuguider

Som et grunnlag for intervjuene gjort i oppgaven er det satt opp en del spørsmål og stikkord. Denne er ment til hjelp om intervjusituasjonen låser seg og for å danne en struktur. I et dybdeintervju vil det være viktig for intervjuer å kunne løsrive seg fra spørsmålene for å få intervjuobjektet til å utdype eller kommentere der det er aktuelt.

Det er foretatt intervjuer med flere parter, derfor er det utarbeidet tre guider en for entreprenøren, en for byggherren og en for rådgiverne.

Intervjuguidene er satt opp med spørsmål under samlende overskrifter. De ulike overskriftene er som følger:

- Organisasjon
- Prosjektering
- Anbud
- Detaljprosjektering

Spørsmålene under hvert tema varierer avhengig av om intervjuobjektet representerer en rådgiver, entreprenør eller byggherre. De tre ulike guidene ligger på vedlagt CD-ROM.

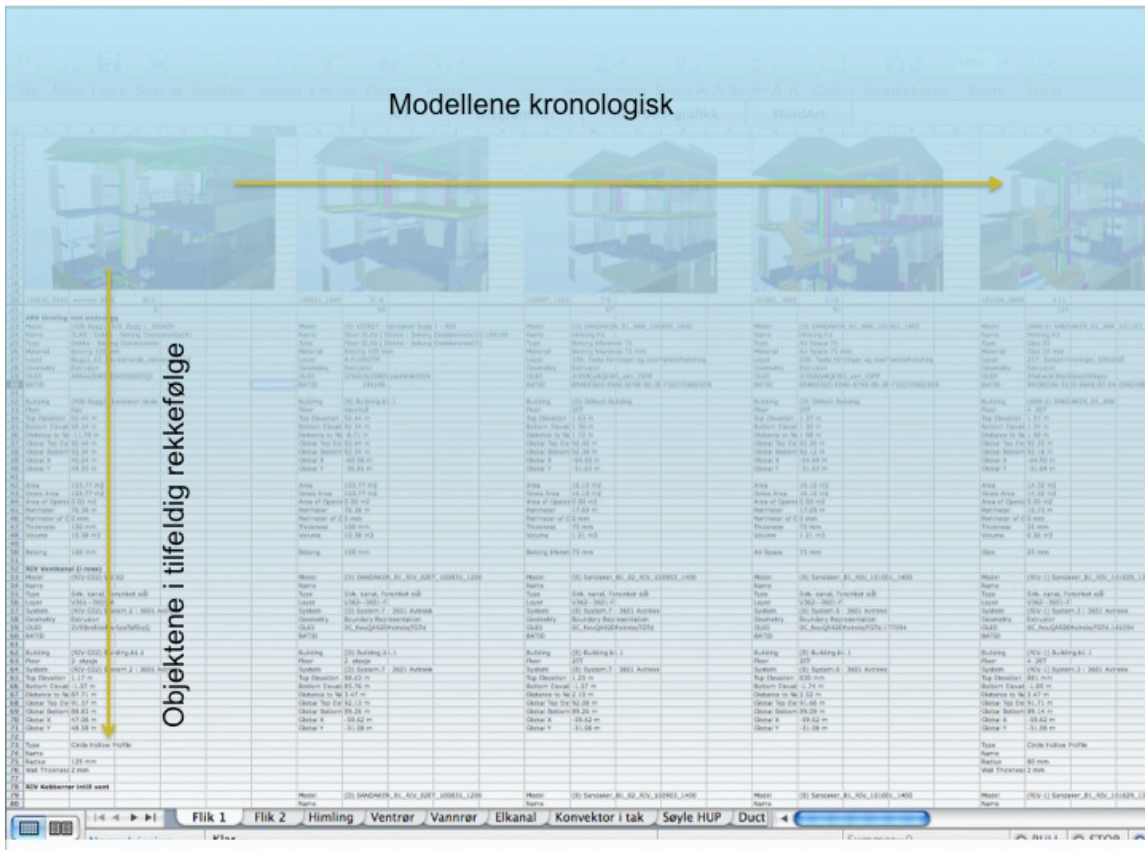
14.3 Vedlegg 3: Undersøkelse av Solibri-modeller

Dette vedlegget går nærmere inn på undersøkelsen av de ulike sammenstilte modellene tilhørende prosjektet Sandaker Skole. Dette er gjort ved bruk av programvaren Solibri Modelchecker.

Alle modellene utenom referansemodellen er plukket fra detaljprosjekteringen av fase 1. Det innebærer byggene 1A til 1C og bygg 4, vist som blå rektangler på Figur 24.

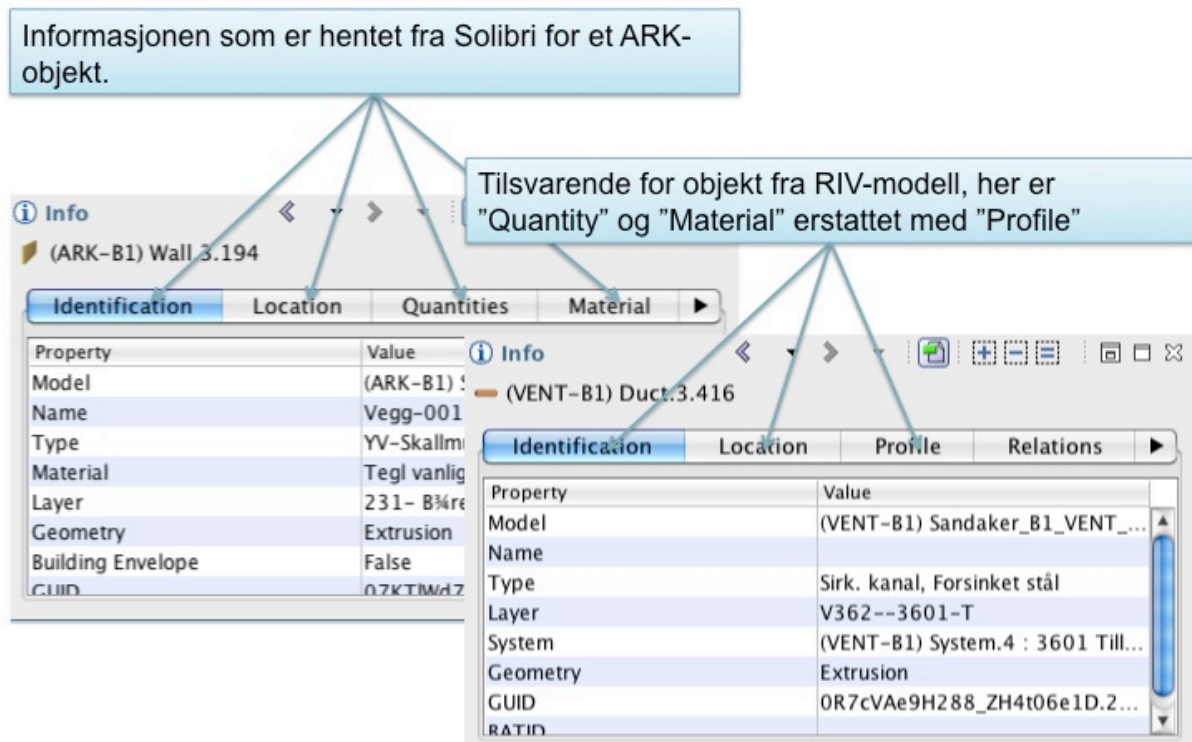
Undersøkelsen ser på endringen av visse attributter i noen utvalgte objekter. Det er sett på objekter fra ARK, RIB, RIE og RIV.

Objektene er etter beste evne funnet i de fleste modellene og sammenfattet i et regneark. Regnearket i sin helhet er vedlagt på CD-ROM. Noen steder vil ikke regnearket vise noe informasjon, det betyr at objektet mangler i den gitte versjonen av modellen. Regnearket leses som vist i Figur 25.



Figur 25 viser første flik i regnearket. Modellene i undersøkelsen ligger langs vannrett akse og objektene i vertikal akse.

Informasjonen om objektene er hentet ut i kolonnene; "Identification", "Location", "Quantity" og "Material". For noen objekter fra RIE og RIV sine modeller finnes ikke kolonnene "Quantity" og "Material". Der er kun de to første kolonnene kopiert, samt "Profile" dersom denne eksisterer. Figur 26 viser hvordan man henter ut informasjon fra Solibri fra et ARK-objekt og et RIV-objekt.



Figur 26 viser hvordan man har tatt ut informasjonen i attributtene fra Solibri, eksemplene er fra et ARK- og et RIV-objekt. Informasjon fra RIB- og RIE-objekter er høstet på samme måte.

Sammenlikningen mellom referansemodellen og de øvrige modellene er gjort i flik 2 i regnearket. Hvis et objekts attributt er identisk referansemodellen dukker tallet 1 opp, og 0 om den ikke er identisk. Attributtet kalt "Model" er det ikke gjort noen sammenlikning for, siden det forandrer navn gjennom alle versjonene av alle de sammenstilte modellene.

Videre har de neste flikene navn etter hvert sitt objekt. Her har man samlet informasjonen for hvert objekt under sin flik. Figur 27 viser den første av disse flikene, himling.

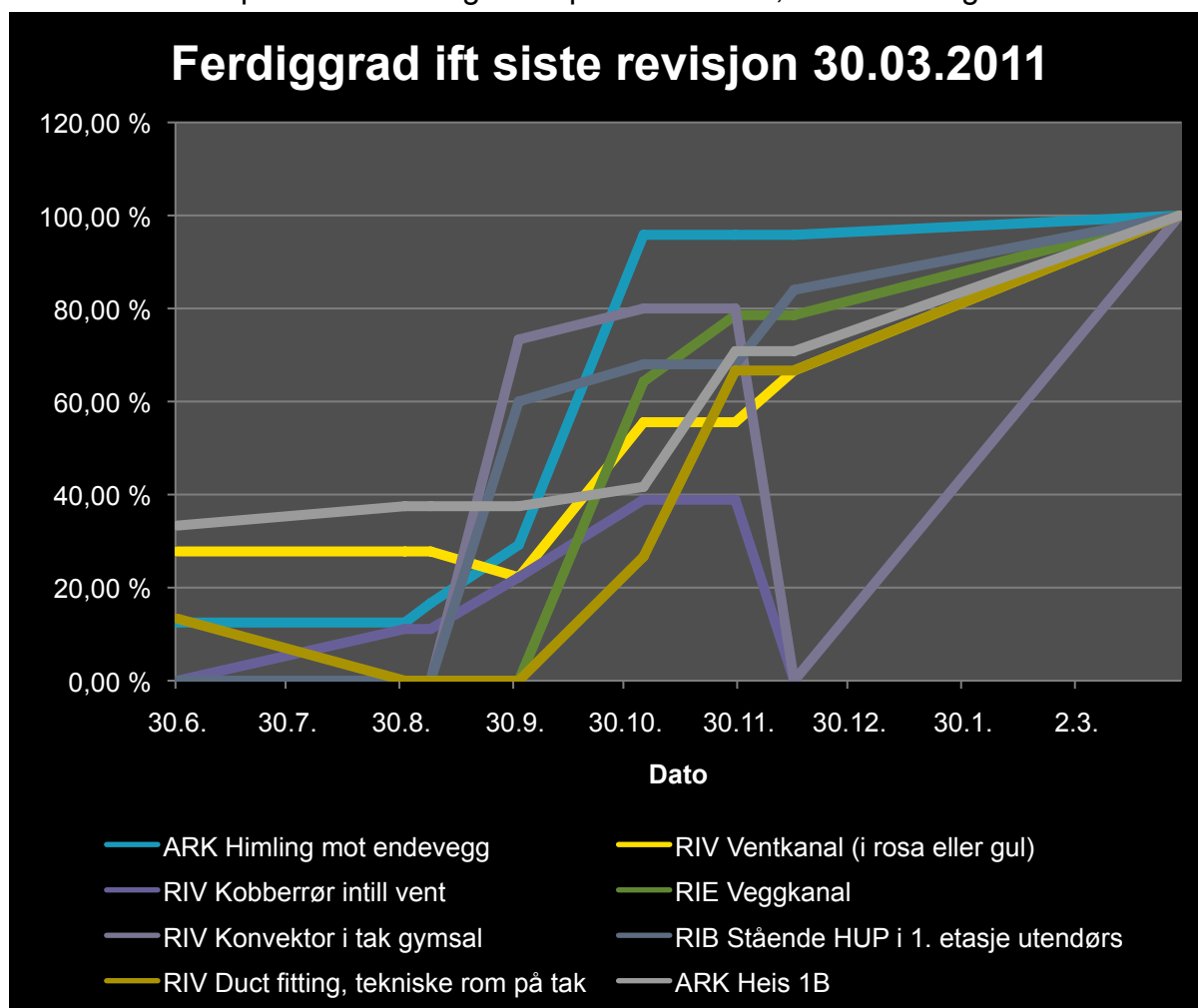
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2	Room	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	Name	0	0	1	1	1	1	1	1	1
4	Type	0	0	0	0	1	1	1	1	1
5	Material	0	0	0	0	1	1	1	1	1
6	Layer	0	0	0	0	1	1	1	1	1
7	Geometry	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	GUID	0	0	0	0	1	1	1	1	1
9	BATID	0	0	0	0	1	1	1	1	1
10										
11	Building	0	0	0	0	0	0	0	1	1
12	Floor	0	0	0	0	1	1	1	1	1
13	Top Elevation	0	0	0	1	1	1	1	1	1
14	Bottom Elevation	0	0	0	0	1	1	1	1	1
15	Distance to Ne	0	0	0	1	1	1	1	1	1
16	Global Top Ele	0	0	0	1	1	1	1	1	1
17	Global Bottom	0	0	0	0	1	1	1	1	1
18	Global X	0	0	0	0	1	1	1	1	1
19	Global Y	0	0	0	0	1	1	1	1	1
20										
21	Area	0	0	0	0	1	1	1	1	1
22	Gross Area	0	0	0	0	1	1	1	1	1
23	Area of Openir	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	Perimeter	0	0	0	0	1	1	1	1	1
25	Perimeter of C	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	Thickness	0	0	0	0	1	1	1	1	1
27	Volume	0	0	0	0	1	1	1	1	1
28										
29	Gips	0	0	0	0	1	1	1	1	1
30		3	3	4	7	23	23	23	24	110
31		12,50 %	12,50 %	16,67 %	29,17 %	95,83 %	95,83 %	95,83 %	100,00 %	

Figur 27 Et eksempel på hvordan et objekts egen flik ser ut, med undersøkelse mot referansemodellen i blå rektangel og summering, samt prosentvis likhet, nederst.

Alt innenfor det blå feltet i Figur 27 er ført videre fra flik 2, mens summen av likheter er beregnet fra dette. Videre er likheten med referansemodellen gitt prosentvis.

På oppsummeringsfliken er alle objektene gitt en kurve i et diagram for å vise hvordan den prosentvise utviklingen har vært fra første modell helt til den siste; referansemodellen. Ved å benytte de faktiske datoene fra de ulike modellenes navn

kan man se den prosentvise riktigheten på en tidsakse, som vist i Figur 28.



Figur 28 Diagram med alle objektene plottet inn med ulike farger. Vannrett akse er kronologisk, mens loddrett akse viser den prosentvise likheten med referansemodellen. For en større og mer lettlest versjon, henvises det til regneark på medfølgende CD-ROM.

I oppgaveteksten er en forkortet versjon av denne, se Figur 21. Her illustrert med start på detaljprosjekterings startdato, 28.7, og slutt ved planlagt ferdig detaljprosjektering, 22.11.