

# Implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen

**Bjørn Christian Muller**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Frode Olav Drevland, BAT

Medveileder: Ola Haug Tørstad, MajaTeknobygg

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg, anlegg og transport





Oppgavens tittel: <b>Implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen</b>	Dato: 07.06.2012		
	Antall sider (inkl. vedlegg): 131		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Bjørn Christian Müller			
Faglærer/veileder: Frode Drevland			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Ola Haug Tørstad (MajaTeknobygg)			

<p><b>Ekstrakt:</b></p> <p>Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er i rask utvikling, på full fart inn i byggebransjen og vil mest sannsynlig være med å prege de aller fleste aspekt ved et prosjekt i årene som kommer. BIM vil åpne for helt andre muligheter i tilnærmingen til et nytt prosjekt og samtidig bidra gjennom hele byggeprosessen for og blant annet kunne ta anbuds- og kalkulasjonsprosessen til et nytt og høyere nivå.</p> <p>Med denne oppgaven ønsker MajaTeknobygg å få vurdert hvilke muligheter implementering av openBIM kan gi i en kalkulasjonsprosess. I kalkulasjonen av en BIM inngår blant annet vurdering av programvare, kalkyleverktøy, kalkulasjonsmetoder, mengdeberegning og på hvilken måte en kalkulasjonsprosess med openBIM bør organiseres, struktureres og gjennomføres. Masteroppgaven belyser også hvilke krav og standardiserte prosesser som bør foreligge med tanke på informasjonsleveranser og objektstruktur i en IFC samt hvordan nylanserte BIM-moduler i bedriftens eksisterende kalkulasjonsverktøy (ISY Calcus) kan integreres inn i en kalkulasjonsprosess med openBIM.</p> <p>Metodene som er anvendt i denne oppgaven er et grundig og bredt litteraturstudium, intervju med velvalgte intervjuobjekt og casestudium. Intervjuobjektene er i hovedsak valgt ut på bakgrunn av MajaTeknobyggs eksisterende samarbeidspartnere.</p> <p>OpenBIM vil tilrettelegge for en tilnærmet automatisk mengdeberegningsprosess, noe som vil frigjøre mye tid og ressurser hos kalkulatørene der de heller kan fokusere på høyere vurdering av prosjektets konsept og tilhørende alternative løsninger. En openBIM-basert kalkulasjonsprosess bør deles inn i tre delprosesser som beskriver arbeidet fra entreprenørens mottakelse av en BIM til ferdig utarbeidet kalkyle. De tre prosessene er; <i>organisering av modellen, oppbygning av objektenes resepter og selve kalkulasjonen av kalkylen.</i></p> <p>Calcus har lenge vært et godt kalkulasjonsverktøy for vurderinger av kostnadsbildet i tidligfasen av et prosjekt. Med programmets nyetablerte BIM-modul for import/eksport av IFC-modeller vil prosjektet fremstå med blant annet større sporbarhet, (delvis) automatisk mengdeberegning og et bedre produkt for konseptvalg med tilhørende alternative løsninger. Kalkulasjonsverktøyet har i dag en god struktur med kontoplan oppbygd etter NS3451 og integrerte prislinjer basert på NS 3420. Ved standardisert bruk av BIM vil Calcus etter hvert få implementert et standard objektbibliotek som blir viktig i en kalkulasjonsprosess med openBIM.</p>
---

**Stikkord**

1. (open)BIM
2. Tradisjonell anbuds-/kalkulasjonsprosess
3. BIM-basert kalkulasjonsprosess
4. IFC
5. ISY Calcus

Bjørn Christian Müller

## **Førord**

Denne masteroppgaven er utarbeidet våren 2012 ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og utgjør 30 studiepoeng. Oppgaven tar for seg implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen og er lagt opp som et grundig og bredt litteraturstudium, intervjuer med velvalgte intervjuobjekt samt casearbeid. Masteroppgaven er forfattet med veiledning fra Ola Haug Tørstad i MajaTeknobygg og Frode Drevland fra Institutt for bygg, anlegg og transport.

Sommeren 2011 fikk jeg tilbud om sommerjobb som forskalingsnekker/assistanse til prosjektledelsen på et prosjekt i regi av MajaTeknobygg. I forlengelsen av dette fikk jeg høsten 2011 tilbud om en 40-prosent stilling i MajaTeknobygg, først og fremst i kalkulasjonsavdelingen, og underskrev i november 2011 en fast 100 prosent ansettelsesavtale som utviklingsingeniør i bedriften som forløper fra 1.juli 2012. Etter å ha arbeidet med kalkulasjon og mengdeberegning, samt en interesse for BIM, fikk jeg lyst til å se på hva BIM kan bidra med i en kalkulasjonsprosess. For å kunne utarbeide denne masteroppgaven har det samtidig vært viktig å ha elementær kunnskap vedrørende en tradisjonell kalkulasjonsprosess, noe stillingen i MajaTeknobygg har bidratt til. I oppstartsfasen av arbeidet med denne oppgaven ble det gjennomført et møte med sentrale aktører i MajaTeknobygg for å diskutere hvilke aspekt ved BIM-kalkulasjon som var interessant for bedriften å få bedre kjennskap til.

Jeg vil takke mine veiledere Frode Drevland og Ola Haug Tørstad for det de har bistått med i utarbeidelsen av denne oppgaven. I tillegg vil jeg takke kalkulasjonssjef i MajaTeknobygg Kjell Svendsen, Sivilarkitekt Andrea Wekle på Per Knudsen arkitektkontor og Torstein Fjelldal i Norconsult Informasjonssystemer (NOIS) for å ta seg tid til intervjuer vedrørende oppgavens tema. Jeg vil også takke Jostein Solberg for god veiledning gjennom casearbeidet i denne oppgaven samt Øyvind Jensen (NOIS), Stefan Johnsen (NOIS) og ansatte i BuildingSMART for svar på spørsmål underveis i oppgaveskrivingen.

Tilslutt vil jeg takke Sharareh Heidarieh for god hjelp til korrekturlesing og oppmuntrende ord gjennom skriveprosessen.

Trondheim 07.06.2012

---

Bjørn Christian Müller

## Sammendrag

Implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen vil åpne for helt andre muligheter i tilnærmingen til et nytt prosjekt. Med det menes at informasjonen tilknyttet en åpen BIM vil bidra til å gi et bedre grunnlag for konseptvalg og alternative løsninger gjennom gode visualiseringsegenskaper i modellen og en høyere informasjonsgrad i en tidligere fase sammenlignet med en tradisjonell 2D-basert kalkulasjonsprosess. OpenBIM baserer seg i hovedsak på de tre ulike og åpne standardene IFC, IFD og IDM. Når man setter de tre aspektene av openBIM i sammenheng omtaler man åpen BIM som å ha et omforent lagringsformat med enighet om terminologi der BIM-modellen kan kobles opp mot veletablerte forretningsprosesser. Åpen BIM vil dermed fungere som en universell tilnærming til samarbeid, realisering og drift av bygninger basert på åpne standarder og god informasjonsutveksling.

En openBIM-basert kalkulasjonsprosess består i å integrere objektene og deres tilhørende attributter/informasjon fra prosjektets ulike BIM-modeller inn i entreprenørens kostnadsdatabase som inneholder prisinformasjon til hvert enkelt objekt eller delobjekt. En slik prosess kan deles inn i tre delprosesser som beskriver arbeidet fra entreprenørens mottakelse av en BIM til ferdig utarbeidet kalkyle. De tre prosessene er; *organisering av modellen, oppbygning av objektenes resepter* og *selve kalkulasjonen av kalkylen*.

Mengdeberegning sees ofte på som det første steget innenfor kalkulasjonsprosessen og i tradisjonelle kalkulasjonsprosesser utgjør mengdeberegning mellom 50-80 prosent av kalkulatørens tidsbruk. OpenBIM vil tilrettelegge for en tilnærmet automatisk mengdeberegningsprosess, noe som vil frigjøre mye tid og ressurser hos kalkulatørene der de heller kan fokusere på nøyere vurdering av prosjektets konsept og tilhørende alternative løsninger. På bakgrunn av dette er mengdeberegningsprosessen en av de prosessene som har størst potensial til forbedring ved implementering av openBIM. Selv om åpen BIM tillater automatiske mengdeberegninger vil behovet for kalkulatører i en kalkulasjonsprosess aldri endre seg. Deres arbeidsoppgaver, ved å besitte gode kalkulasjonsegenskaper og samtidig ta hånd om og strukturere informasjonen i en BIM, er helt nødvendig for å utvikle et godt anbud.

Dagens kalkulasjonspraksis i MajaTeknobygg framstår i dag som en mindre integrert prosess enn den ville gjort ved full utnyttelse av BIM. Calcus tas i bruk i tidligfasen for å få et hurtig kostnadsestimat av prosjektet. Mengdene hentes ut ved hjelp av et 2D-basert mengdeberegningsprogram for så å implementeres inn i ressurskalkyleverktøyet ByggOffice. Prosessene har lite eller ingen integrasjon mellom seg og nå som både ByggOffice og Calcus har fått innført egen BIM-modul med bedre integrasjon seg imellom vil det å se på samhandlingen mellom programvarene være viktig å gjøre for MajaTeknobygg.

En sammenligning av MajaTeknobyggs kalkulasjonspraksis og en BIM-basert kalkulasjonsprosess vises i tabellen under.

Fase	MajaTeknobyggs kalkulasjonsprosess	BIM-basert kalkulasjonsprosess
Tidligfase/Elementbasert Kalkulasjon	Arealprismetode basert på erfaringstall → elementprismetoden i Calcus.	Estimering basert på nøkkeltall/rombasert estimering → kalkulasjon basert på bygningselementobjekt.
Detaljcalculasjon	ByggOffice med kapittelstruktur etter NS3451 og prislinjer etter NS3420 og NS3421.	Elementbasert calculasjon basert på NS8360 (som tar utgangspunkt i NS3451, NS 3420 og NS 8351).

Fordelene ved å ta i bruk IFC-formatet i kalkulasjonsprosessen vil helt klart være en bedre samspillprosess og en mer komprimert prosjektering der informasjonsflyten på tvers av ulike fag vil fungere på en god måte. I en slik prosess må kalkulatørene etablere leveringskrav til de ulike aktørene under modelleringsprosessen slik at nødvendig modellinformasjon ligger tilgjengelig til riktig tidspunkt. Det må også avklares og bestemmes et system for objektenes rolle i en BIM. Ofte modelleres det objekt i en BIM uten at det videre er avklart om dets plassering og oppbygning er bestemt eller om det kun brukes til visualisering i modellen.

Calcus har lenge vært et godt kalkulasjonsverktøy for vurderinger av kostnadsbildet i tidligfasen av et prosjekt. Med programmets nyetablerte BIM-modul for import/eksport av IFC-modeller vil prosjektet fremstå med blant annet større sporbarhet, (delvis) automatisk mengdeberegning og et bedre produkt for konseptvalg med tilhørende alternative løsninger. Kalkulasjonsverktøyet har i dag en god struktur med kontoplan oppbygd etter NS3451 og integrerte prislinjer basert på NS 3420. Ved standardisert bruk av BIM vil Calcus etter hvert få implementert et standard objektbibliotek som blir viktig i en kalkulasjonsprosess med openBIM.

## Abstract

Implementation of openBIM in the estimating process will help broaden opportunities in approaching new projects. In this regard the information associated with an openBIM will help to provide a secure foundation for building concepts and alternative solutions through its excellent visualization features in BIM and a higher degree of information at an earlier stage compared with a traditional 2D-based estimating process. OpenBIM is mainly based on the three different and open standards IFC, IFD and IDM. When seeing the three aspects of openBIM in conjunction one can refer open BIM as having a unified storage format with agreed terminology where BIM can be linked to well-established business processes. OpenBIM will thus serve as a universal approach to cooperation, maintenance and operation of buildings based on open international standards and exchanging of BIM data.

The estimating process concerning openBIM includes integrating the objects and their associated attributes from the project's various BIM-models into the contractor's cost database, which involves costs for each object. A BIM-based estimating process can be divided into three sub-processes which describe the contractor's work from receiving a BIM to the final cost estimates. The three processes contain; organizing the model, structuring the object's underlying sub-objects and calculating the model.

Quantity takeoff is often seen as the first step in the estimating process. In traditional paper-based estimating processes the quantity takeoff amounts between 50-80 percent of the estimator's use of time. In this context openBIM will facilitate an automatic quantity takeoff, which ultimately will save the estimators a considerable amount of time and resources that they would rather use focusing on closer evaluation of the project concept and alternative solutions. With this in mind, the quantity takeoff is one of the processes that have the greatest potential for improving the implementation of openBIM. Although openBIM allows automatic quantity takeoffs the need of estimators in the estimating process will stay the same. Their knowledge is still essentially relevant and highly current in organizing and processing information in a BIM to develop a good tender.

The estimating process in MajaTeknobygg stands today as a less integrated process than it would with full use of BIM. Calcus is implemented at an early stage to get a quick cost estimate of a project. The quantity takeoffs are collected using a 2D-based program and then adopted in ByggOffice's resource estimate. There is little or no interaction between the estimating processes, but now that ByggOffice and Calcus have implemented their own BIM-module, it will be important to evaluate the usage between the software programs in MajaTeknobygg.

The benefits of adopting the IFC-format in the estimating process will clearly result in a better interaction process and a more condensed design, where the information across different disciplines will be more beneficial. In such a process estimators must establish delivery requirements to participants of the project during the model phase so that the necessary model information is available at the right time. The system of the objects role must be clarified and determined in a BIM. Objects in a BIM are often modeled and determined without further clarification regarding its location and structural function, and in some cases the objects are only used for visualization of the model.

Calculus has for a longer period been considered as a valuable estimating software for evaluating the cost in the early phase of a project. With the program's new established BIM module for import / export of IFC models, the project will include greater traceability, automatic quantity takeoffs and a more improved product for the evaluation of the building concept and its alternatives. With a standardized use of BIM Calculus will eventually implement a standard object library, which is highly important in an estimating process with openBIM.



## Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Oppgavens formål .....	2
1.3 Omfang og begrensninger .....	2
1.4 Oppgavens problemstilling.....	2
1.5 Rapportens oppbygning .....	3
2. Oppgavens metode .....	5
2.1 Ulike forskningsmetoder .....	5
2.2 Valg av metode.....	8
3. MajaTeknobygg AS .....	12
3.1 Beskrivelse av MajaTeknobygg.....	12
3.2 BIM i MajaTeknobygg.....	13
4. BIM .....	14
4.1 Hva er BIM? .....	14
4.2 Historiske hovedtrekk i utviklingen av BIM.....	17
4.3 Muligheter ved bruk av BIM.....	19
4.4 Fordeler ved bruk av BIM .....	21
4.5 Utfordringer ved bruk av BIM .....	27
4.6 Hva er <i>ikke</i> BIM-teknologi? .....	29
4.7 Åpen versus lukket (proprietær) BIM.....	30
5. Beskrivelse av dagens bygge- og anbudsporsess .....	32
5.1 Beskrivelse av dagens byggeprosess .....	32
5.1.1 Byggeprosessens delprosesser .....	32
5.1.2 Byggeprosessens kjerneprosesser.....	32
5.1.3 Kjerneprosessenes mål og omfang.....	33
5.2 Anbudsporsessen .....	34
5.2.1 Anbudsplanlegging hos byggherren .....	35
5.2.2 Anbudsutvelgelse .....	36
5.2.3 Anbudskalkulasjon.....	37
5.2.4 Kalkyletyper .....	38
5.2.5 Metoder for kalkyle .....	39
5.2.6 Prising av anbudet .....	41

5.2.7	Anbudsinntøring	42
5.2.8	Byggherrens anbudsvurdering	42
6.	Anbuds- og kalkulasjonsprosessen i MajaTeknobygg	44
6.1	Anbudsfasens oppstartsprosess	44
6.2	Intern organisering i prosjektet	44
6.3	Bruk av ulike kalkulasjonsmetoder	45
6.4	Utrekning av påslaget i kalkylen	45
6.5	Kalkylens usikkerhet	46
6.6	Risikoanalyse	46
6.7	Valg og bruk av ulike entrepriseformer	46
6.8	Anbudsprosessens slutfase	46
6.9	Kalkylen som prosjektreddskap i produksjonsfasen	47
6.10	Dagens mengdeberegningssprosess i MajaTeknobygg	47
7.	Implementering av BIM endrer dagens kalkulasjonsprosess	50
7.1	Endret kalkulasjonsprosess med BIM	51
7.2	Kalkulasjonsprosessens organisering	54
7.2.1	Organisering av modellen	56
7.2.2	Oppbygning av resepter	57
7.2.3	Kalkulere kalkylen	58
7.3	Utfordringer i en BIM-basert kalkulasjonsprosess	58
7.4	Kalkulatørens rolle	59
8.	Implementering av IFC i kalkulasjonsprosessen	62
8.1	Hvordan fungerer oppbygningen av en IFC-fil/-modell?	63
8.2	Krav til informasjon fra arkitekt og RIB i modelleringsfasen av en BIM/IFC	67
8.3	Struktur på modellert data/informasjon i en BIM/IFC	70
8.4	Mengdeuttak med BIM	73
9.	ISY Calcus	78
9.1	Introduksjon av Norconsult Informasjonssystemer AS	78
9.2	Introduksjon av ISY Calcus	79
9.3	Calcus sine styrende parametere	80
9.4	Faktorer som avgjør kostnaden i et prosjekt	81
9.5	Muligheter og funksjoner i Calcus	83
9.6	BIM i Calcus	86
9.6.1	Seksjonering og implementering av IFC-objekt	88

9.6.2 Informasjon fra en IFC-fil og objektenes tilhørende informasjon .....	89
9.6.3 Sammenhengen mellom malprosjekt og BIM .....	89
9.6.4 BIM-kalkulasjon i Calcus .....	90
10. På hvilken måte kan BIM-kalkulasjon bidra til en bedre kalkulasjonsprosess i MajaTeknobygg?. 92	
10.1 Sammenligning av beskrevet teori, modeller for BIM-kalkulasjon og MajaTeknobyggs kalkulasjonsprosess .....	92
10.2 Hvorfor openBIM (åpen BIM) i kalkulasjonsprosessen? .....	94
10.3 Fordeler og utfordringer med BIM-kalkulasjon.....	95
10.4 Calcus som kalkulasjonsverktøy i en BIM-basert kalkulasjonsprosess.....	98
11. Konklusjon .....	100
11.1 Forslag til veien videre.....	101
Litteraturliste.....	102
Vedlegg.....	107

## Figurliste

Figur 1 Produktivitet i byggebransjen sammenlignet med andre næringsvirksomheter fra 1964 til 2004 (Underwood & Isikdag, 2010). .....	1
Figur 2 Oppgavens oppbygning. ....	4
Figur 3 Tankegangen bak en kvalitativ undersøkelsesmetode (Kunnskapssenteret a), 2004)...	5
Figur 4 Tankegangen bak en kvantitativ undersøkelsesmetode (Kunnskapssenteret b), 2004). 6	
Figur 5 Sammenstilling av en kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode (Kunnskapssenteret a), 2004). ....	6
Figur 6 Hovedtrekk ved innsamling av kvalitative og kvantitative data (Holter & Kalleberg, 1996).....	7
Figur 7 Validitet og reliabilitet – fokus versus presisjon (Samset, 2007). ....	8
Figur 8 Organisasjonskart MajaTeknobygg AS (MajaTeknobygg AS, 2012).....	12
Figur 9 BIM-trekanten (IFC, IFD og IDM) (Statsbygg, 2009). ....	15
Figur 10 IFD, felles forståelse av terminologi (Bjørkhaug & Bell, 2007). ....	16
Figur 11 Skisseprosjekt – standard modelleringskrav for arkitekten. (Statsbygg, 2011). ....	17
Figur 12 Historisk utvikling av BIM-basert modelleringsverktøy. (NTNU, 2011). ....	18
Figur 13 Bruk av BIM på frontbygget på A-hus (Akershus Universitetssykehus) med tilhørende applikasjoner (Teknisk Ukeblad, 2008). ....	20
Figur 14 Kommunikasjonskanaler i en tradisjonell prosess(Christensen, 2009).....	23
Figur 15 Kommunikasjonskanaler med BIM (Christensen, 2009).....	23
Figur 16 Sammenligning av en tradisjonell 2D-prosess med en BIM-basert modellprosess i noen av byggeprosessens sentrale arbeidsprosesser (AGC, 2012). ....	31
Figur 17 Byggeprosessens delprosesser (Eikeland, 1999). ....	32
Figur 18 Byggeprosessens kjerneprosesser (Eikeland, 1999).....	33
Figur 19 Usikkerhet og akkumulerte kostnader i byggeprosessen (Eikeland, 1999).....	34
Figur 20 Entreprenørens anbudsprosess (Fjelldal & Moe, 2009). ....	35
Figur 21 Illustrasjon av dekningsbidraget i et prosjekt (Holm, 1990).....	37
Figur 22 Praksis ved mengdeberegningsbord i MajaTeknobygg. ....	48
Figur 23 Mengdeberegning i Geometra. ....	48
Figur 24 Tradisjonell kalkulasjonsprosess sammenlignet med en BIM-basert kalkulasjonsprosess. ....	53
Figur 25 Akkumulerte kostnader og tilhørende informasjon ved et prosjekt med en tradisjonell prosess og med BIM (Hannon, 2007). ....	54
Figur 26 BIM-kalkulasjonens tre delprosesser.....	55
Figur 27 Selekttering av bestemte objekttyper (Khemlani, 2006). ....	56
Figur 28 Oppbygning/lagdeling av en våtromsvegg (Sintef Byggforsk, 2012). ....	57
Figur 29 BIM-modellens formål. ....	62
Figur 30 Oppbygningen og strukturen i IFC Schema (Eastman, 2008).....	63

Figur 31 Hierarkisk oppbygning av en IFC-vegg. ....	65
Figur 32 Konstruksjons- og plasseringsegenskaper til en yttervegg (Boligprodusentenes Forening, 2011). ....	66
Figur 33 Informasjonsforholdet mellom en arkitekt- og en RIB-modell (Deng, et al., 2011). ....	67
Figur 34 Utdrag fra Statsbyggs prosessmodell med BIM (Statsbygg, 2009).....	68
Figur 35 Krav til informasjon fra arkitekt og RIB i modelleringsfasene av en BIM/IFC.....	69
Figur 36 Utvikling av et norsk BIM-objektbibliotek (Norsk Standard, 2012).....	70
Figur 37 Sammenhengende veggobjekt modellert over flere etasjer (Boligprodusentenes Forening, 2011). ....	71
Figur 38 Klassifisering av objektene bestemmelsesgrad i en IFC-fil.....	72
Figur 39 Mengdeberegningprosessen med BIM.....	73
Figur 40 Oppbygningen av et totalbudsjett (Norconsult informasjonssystemer, 2010 ). ....	82
Figur 41 Hovedskjermbildet i Calcus.....	84
Figur 42 Detaljvindu for element- og prislinjeoppbygning. ....	85
Figur 43 Prosjektets totalkostnad i tabellform. ....	86
Figur 44 Prosjektets totalkostnad som grafisk fremstilling.....	86
Figur 45 Boligblokk til bruk i casearbeid med Calcus.....	87
Figur 46 Inndeling av IFC-filen i ulike delprosjekt. ....	88
Figur 47 Objektinformasjon i IFC-filen. ....	89
Figur 48 Beskrivelse av objekt/element i arkitektens modell. ....	90
Figur 49 Ferdig organisert kalkyle i fagkapittel 2.4, Innervegger.....	90
Figur 50 Eksport av kalkyldata i Calcus.....	91
Figur 51 Informasjonsoverføring mellom prosjekterende og kalkulator i en kalkulasjonsprosess. ....	96

## Tabelliste

Tabell 1: Standard kontoplan i henhold til NS 3451 og NS 3451.....	41
Tabell 2: Kalkulatorenes koordineringsprosess og arbeidsmetodikk i et BIM-prosjekt.....	60
Tabell 3: Sammenligning av MajaTeknobyggs kalkulasjonsmetode med en BIM-basert kalkulasjonsprosess.....	94

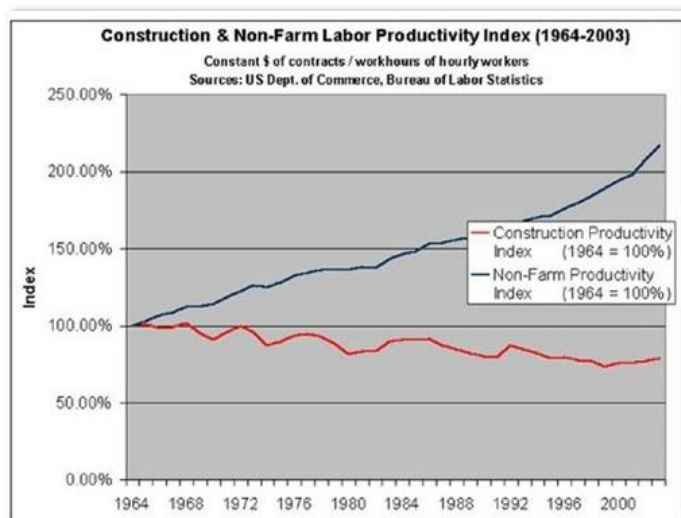
## 1. Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er i rask utvikling, på full fart inn i byggebransjen og vil mest sannsynlig være med å prege de aller fleste aspekt ved et prosjekt i årene som kommer. BIM vil åpne for helt andre muligheter i tilnærmingen til et nytt prosjekt og samtidig bidra gjennom hele byggeprosessen for og blant annet kunne ta tidligfasen, prosjekteringen, anbudsprosessen og fremdriftsplanleggingen til et nytt og høyere nivå.

Med denne oppgaven ønsker MajaTeknobygg å få vurdert hvilke muligheter implementering av openBIM kan gi i en kalkulasjonsprosess. I kalkulasjonen av en åpen BIM inngår blant annet vurdering av programvare og kalkyleverktøy, kalkulasjonsmetoder, mengdeberegning, IFC-formatet og på hvilken måte en prosess med BIM vil kunne fungere. Det ble helt i startfasen av denne oppgaven gjennomført et møte med sentrale aktører i MajaTeknobygg. Møtets formål var å diskutere hvilke aspekt ved en openBIM-basert kalkulasjonsprosess bedriften ville oppgaven skulle se nøyer på. Møtereferatet ligger som vedlegg D.

Sammenlignet med andre næringsvirksomheter har ikke byggebransjen gjennom et lengre tidsperspektiv klart å holde følge med den positive produktivitetsutviklingen som har oppstått. Grafene under baserer seg på en undersøkelse med et tidsrom fra 1964 til 2004 der blå linje representerer produktiviteten til alle bransjer foruten jordbruk. Den røde grafen visualiserer produktiviteten til byggenæringen som viser at det har vært en produktivitetsvikt i næringen gjennom de siste 40 år. Undersøkelsen er gjort for virksomheter i USA. Mye av dette skyldes nok at bransjen enda ikke har utnyttet seg av datamaskinens potensial hvor mange prosesser kan gjøres automatisk, mer effektivt og kostnadsbesparende. (Underwood & Isikdag, 2010) Ved å implementere openBIM i kalkulasjonsprosessen vil det åpne seg en rekke muligheter for en mer effektiv prosess ved å se på mulighetene som ligger til stede.



Figur 1 Produktivitet i byggebransjen sammenlignet med andre næringsvirksomheter fra 1964 til 2004 (Underwood & Isikdag, 2010).

## 1.2 Oppgavens formål

Formålet med denne oppgaven er å se på hvilke måter bruk av openBIM kan forbedre og effektivisere MajaTeknobyggs kalkulasjonsprosess. Dette gjelder både hvordan en slik prosess bør organiseres og struktureres, men også hvordan nylanserte BIM-moduler i bedriftens eksisterende kalkulasjonsverktøy kan integreres inn i en kalkulasjonsprosess med openBIM. Oppgaven skal også bidra til at MajaTeknobygg vil kunne bruke oppgaven og se nytten av den i sin implementeringsfase av openBIM i kalkulasjonsprosessen.

## 1.3 Omfang og begrensninger

Det er i denne oppgaven valgt å se på hvordan en openBIM-basert kalkulasjonsprosess vil kunne fungere i forhold til en tradisjonell kalkulasjonsprosess i MajaTeknobygg. Det vil i denne sammenheng også forekomme flere utfordringer i innføringsfasen som ikke er vurdert og beskrevet. Dette gjelder kontraktmessige aspekt, men også en grundigere utarbeidelse av hvordan IFD, IDM og BCF (som er inkluderende element i openBIM) bør integreres inn i en openBIM-basert kalkulasjonsprosess. I casearbeidet med kalkyleverktøyet ISY Calcus er BIM-kalkulasjonen av IFC-modellen vist mer som en arbeidsmetodikk enn en fullstendig utført kalkulasjon av bygget. Dette fordi formålet med casearbeidet var å belyse kalkyleverktøyet muligheter og egenskaper med en BIM-kalkulasjon samt knytte kalkyleprogrammets arbeidsmetodikk mot det som er beskrevet i tidligere kapitler, fremfor å gjennomføre en helhetlig kalkyle av prosjektet. Når det gjelder begrepene openBIM, BIM og lukket (proprietær) BIM er oppgavens bruk av begrepene konsekvent på at openBIM og BIM omtales som likestilte begrep, mens lukket BIM alltid blir nevnt som lukket/proprietær BIM.

## 1.4 Oppgavens problemstilling

I denne masteroppgaven skal studenten utrede de mulighetene som finnes ved bruk av bygningsinformasjonsmodellering i kalkulasjonsprosessen. I tillegg skal studenten se på hvordan en prosess med openBIM i kalkulasjonsprosessen vil kunne gjennomføres. Videre vil bedriftens eksisterende BIM-verktøy (ISY Calcus) bli nøye studert og vurdert for å se på hvilke muligheter Norconsult sin programvare besitter. På bakgrunn av dette har studenten utformet følgende problemstillinger i masteroppgaven:

- **Hvordan kan kalkulasjonsprosessen, ved implementering av openBIM i MajaTeknobygg, organiseres, struktureres og gjennomføres?**
- **Hvilke krav og standardiserte prosesser bør foreligge med tanke på informasjonsleveranser og objektstruktur i en IFC?**
- **Hvordan kan MajaTeknobyggs eksisterende kalkyleverktøy (ISY Calcus) benyttes i en openBIM-basert kalkulasjonsprosess?**

## 1.5 Rapportens oppbygning

Denne delen av innledningskapitlet viser masteroppgavens kapittelstruktur som i alt består av 11 kapitler.

### Kapittel 1 Innledning

- Det første kapitlet er masteroppgavens innledningskapittel og inneholder informasjon om rapportens bakgrunn, formål, omfang og begrensninger, problemstilling og oppgavens oppbygning.

### Kapittel 2 Metode

- Kapittel 2 inneholder en beskrivelse av ulike forskningsmetoder samt valg av metode for denne oppgaven.

### Kapittel 3 Beskrivelse av MajaTeknobygg

- Denne delen av oppgaven presenterer MajaTeknobygg som bedrift. Det er også belyst status på bedriftens implementeringsfase av BIM.

### Kapittel 4 Bygningsinformasjonsmodellering

- Det fjerde kapitlet beskriver hva BIM er, historiske hovedtrekk i utviklingen av BIM, fordeler, ulemper og muligheter ved bruk av BIM i de ulike byggefasene i et prosjekt, utfordringer med BIM generelt og i implementeringsfasen samt en sammenligning av åpen versus lukket (proprietær) BIM.

### Kapittel 5 Dagens bygge-, anbuds- og kalkulasjonsprosess

- Kapittel 5 inneholder en kort presentasjon av dagens tradisjonelle byggeprosess. I tillegg beskrives den tradisjonelle anbuds- og kalkulasjonsprosessen som helhet.

### Kapittel 6 Anbuds- og kalkulasjonsprosessen i MajaTeknobygg

- Det sjettede kapitlet er en utredelse om hvordan anbuds- og kalkulasjonsprosessen i MajaTeknobygg fungerer i dag. Kapitlet er basert på intervjuer med kalkulasjonssjef Kjell Svendsen i MajaTeknobygg, øvrige samtaler med ansatte i bedriften samt eget arbeid med kalkulasjon og mengdeberegning i bedriften.

### Kapittel 7 Implementering av openBIM endrer dagens kalkulasjonsprosess

- Denne delen av oppgaven setter fokus på BIM-kalkulasjon og hvordan en slik prosess bør organiseres og struktureres. Videre beskrives utfordringer samt kalkulatørens rolle i en BIM-basert kalkulasjonsprosess.

### Kapittel 8 Implementering av IFC i kalkulasjonsprosessen

- Kapittel 8 tar for seg IFC-formatet som en del av totalpakken med openBIM. Denne delen beskriver formatets oppbygning og objektene klassifisering i en åpen BIM. Videre er det utarbeidet forslag til krav fra arkitekt og RIB i modelleringsfasen av en BIM/IFC, strukturering av objektene i en BIM samt et BIM-basert mengdeuttak.

### Kapittel 9 ISY Calcus

- Casearbeid med ISY Calcus som kalkulasjonsverktøy ved bruk av openBIM.



## Kapittel 10

## På hvilken måte kan BIM-kalkulasjon bidra til en bedre kalkulasjonsprosess i MajaTeknobygg?

- I kapittel 10 drøftes hvordan en kalkulasjonsprosess med openBIM kan forbedre dagens kalkulasjonsprosess i MajaTeknobygg. Denne delen av oppgaven tar utgangspunkt i beskrevet teori, intervjuer og casearbeid.

## Kapittel 11

## Konklusjon

- Oppgavens konklusjon og forslag til videre arbeid med implementering av openBIM i MajaTeknobyggs kalkulasjonsprosess.

**Figur 2 Oppgavens oppbygning.**

## 2. Oppgavens metode

### 2.1 Ulike forskningsmetoder

Dette kapitlet presenterer ulike forskningsmetoder samt valg av metode i denne oppgaven. Norsk institutt for studier av forskning og høyere utdanning definerer forskning på følgende måte; *forskning er kreativ virksomhet som utføres systematisk for å oppnå økt kunnskap* (Norsk forskning for studier av forskning og høyere utdanning, 2004).

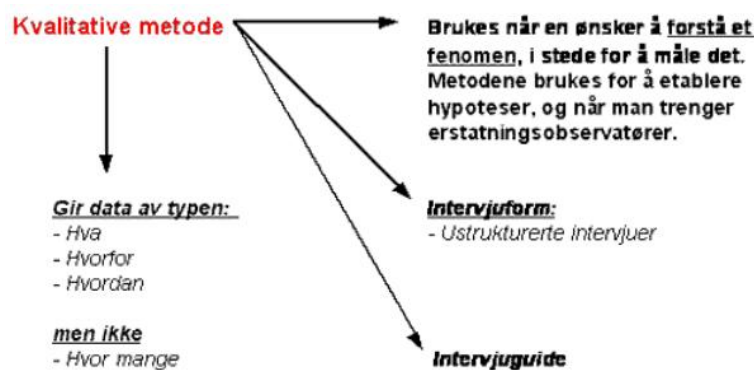
Det å undersøke virkeligheten på en systematisk måte utfordrer sansene våre til å brukes på en mer disiplinert og gjennomtenkt måte sammenlignet med dagligdags bruk. Hva som oppdages i oppgavens resultater og hvor stor tillit man kan ha til resultatene, vil alltid være avhengig av oppgavens valg av metode. Metode i seg selv er et meget omfattende emne, og den anerkjente samfunnsforskeren Ottar Hellevik definerer begrepet metode slik:

*«En metode er en framgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme fram til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder».* (Hellevik, 2002)

Det er imidlertid viktig å bemerke seg at metodelære ikke er noe mål i seg selv, men et redskap til å nå andre mål av undersøkelses- og forskningsmessig karakter (Kunnskapssenteret, 2004).

### Kvalitativ og kvantitativ metode

I metodesammenheng skilles det mellom kvalitativ og kvantitativ metode. En kvalitativ metode brukes ofte for å beskrive helheten i en kompleks situasjon der problemstillingen berører motivasjonsmønsteret eller er spesielt komplisert. Metoden har som formål å gjennomføre en datainnsamling for å gjøre det mulig å forstå et fenomen. Den kvalitative metoden brukes ofte til å etablere hypoteser som man kan teste ved bruk av en eller flere kvantitative metoder. Resultater basert på en kvalitativ forskningsmetode kan ikke generaliseres med tanke på et for lite representativt utvalg. (Kunnskapssenteret a), 2004) Nedenfor vises tankegangen bak en kvalitativ undersøkelsesmetode.



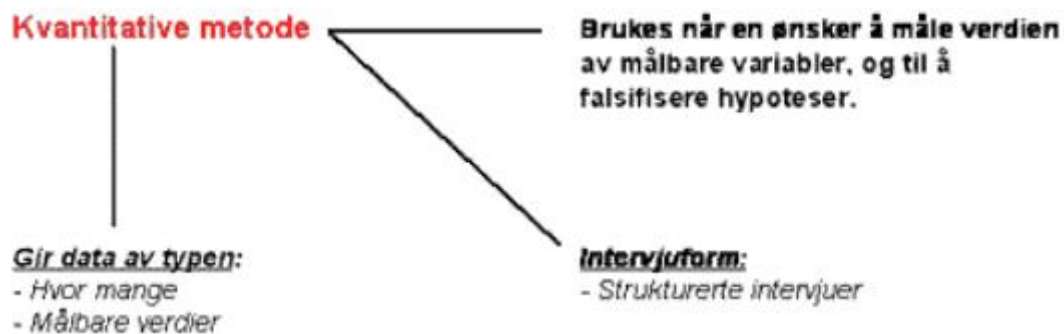
Figur 3 Tankegangen bak en kvalitativ undersøkelsesmetode (Kunnskapssenteret a), 2004).

Kjennetegnet ved de kvalitative metodene er intervjuguider som undersøkelsene baserer seg på. Intervjuguiden har som formål å gi en oversikt over avdekte problemområder.

Undersøkelsene ved bruk av denne metoden er videre basert på en kommunikasjonsprosess der intervjueren ikke vil styre samtalen inn mot en spesiell retning, men heller la intervjuobjektet få fritt spillerom innenfor det bestemte temaet. (Kunnskapssenteret a), 2004)

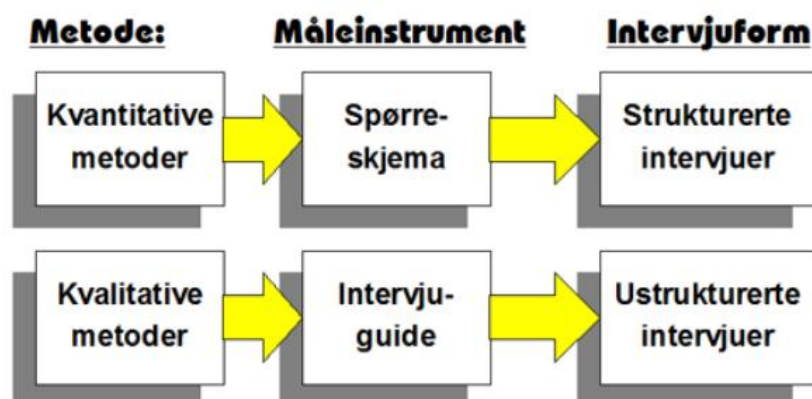
I en kvantitativ undersøkelsesmetode har forskeren som formål å uttrykke sitt resultat av forskningen gjennom tall/forhåndsbestemte svar der disse er basert på sammenliknbare opplysninger fra et større antall enheter. De avdekkede resultatene kan så brukes til statistisk analyse av et oppdaget mønster i datamatrixens svar (Hellevik, 2002). Ved at man ved denne metoden har et representativt utvalg av deltakere i undersøkelsen kan resultatet i vesentlig større grad generaliseres i forhold til en kvalitativ undersøkelsesmetode. Hovedhensikten er at man ut i fra en liten gruppe skal ha mulighet til å trekke slutninger for en hel populasjon (målgruppen). (Kunnskapssenteret b), 2004)

Nedenfor vises tankegangen bak en kvantitativ undersøkelsesmetode.



Figur 4 Tankegangen bak en kvantitativ undersøkelsesmetode (Kunnskapssenteret b), 2004).

En oppsummering og sammenstilling mellom en kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode er visualisert i figuren under.



Figur 5 Sammenstilling av en kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode (Kunnskapssenteret a), 2004).

I figuren under presenteres en oversikt over de aspekter ved datainnsamling som gjør seg gjeldende i både en kvantitativ og kvalitativ undersøkelsesmetode. I forskningssammenheng er det normalt å skille mellom tre hovedtyper av datakilder. Den første er *aktør* som kan observeres i øyeblikket de utfører handlingene eller deltar i den samhandling som forskeren er interessert i å studere. Den andre datakilden er *respondenter* som kan spørres ut om holdninger, samhandlingsprosesser eller andre forhold de har kunnskap om. Den siste er *dokumenter* som kan analyseres på bakgrunn av dets innhold med formål om å få frem relevant informasjon om de forhold man faktisk ønsker å studere. (Holter & Kalleberg, 1996)

Kildetype	Datatype	Aspekt ved datainnsamlingen			
		Forhold til kilde	Prinsipp for behandling av kilde	Prinsipp for registrering av data	Viktigste ledd i datainnsamlingen
Aktor	Kvalitative data	Naturlig interaksjon	Tilgjengelighet til relevante hendelser og handlinger	Fullstendighet	Observatør
	Kvantitative data	Fokus på utvalgte hendelser og handlinger	Sammenliknbarhet mellom de utvalgte hendelser og handlinger	Nøyaktighet	Instrument
Respondent	Kvalitative data	Åpen interaksjon	Tilgjengelighet til den enkelte respondent	Fullstendighet	Intervjuer
	Kvantitative data	Programmert interaksjon	Sammenliknbarhet mellom alle respondenter	Nøyaktighet	Instrument
Dokument	Kvalitative data	Kildematerialet suppleres underveis	Tilgjengelighet til relevant informasjon	Fullstendighet	Forsker
	Kvantitative data	Tekstenheter utvalgt på forhånd	Sammenliknbarhet mellom de utvalgte tekstenheter	Nøyaktighet	Instrument

Figur 6 Hovedtrekk ved innsamling av kvalitative og kvantitative data (Holter & Kalleberg, 1996).

Om man skal velge en kvalitativ eller kvantitativ undersøkelsesmetode vil avgjøres blant annet på oppgavens tilnæringsmåte der hovedskillet går mellom induktiv og hypotetisk-deduktiv forskning (Holter & Kalleberg, 1996).

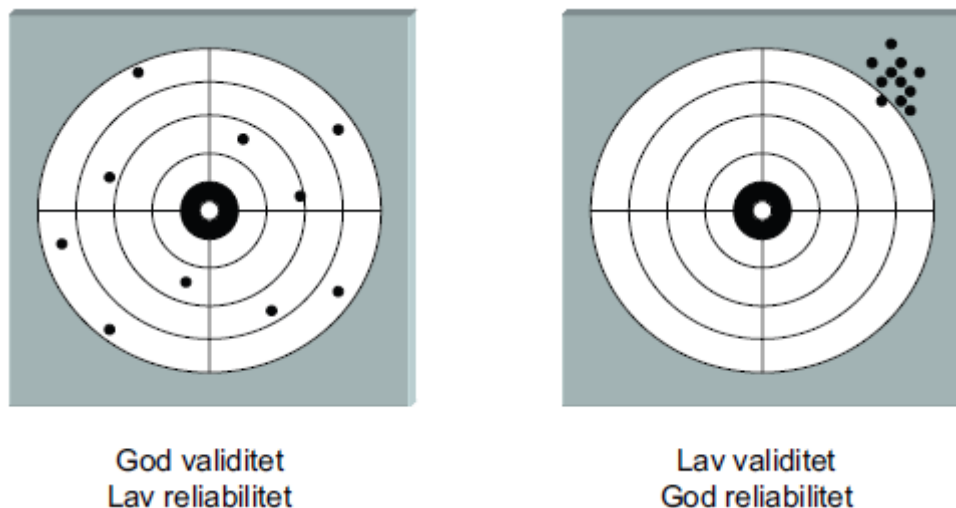
### Hypotetisk deduktiv metode og induktiv forskning

Innen forskningsmetoder kan tilnærmingen til en prosess skilles mellom induktiv og hypotetisk deduktiv. En induktiv tilnæringsmåte betyr å gå inn i en fremmed virkelighet uten klare hypoteser og forutsetninger. Det er i en slik situasjon vanskelig å fremme en klar og presis problemstilling og formålet er ikke å belyse holdbarheten av teorier gjennom hypotesetesting, men heller få en størst mulig helhetsforståelse av alle aspekt av fenomenet

gjennom å utvikle begreper. En hypotetisk deduktiv tilnæringsmåte har som formål å vurdere holdbarheten av bestemte teorier gjennom hypotesetesting. Dette forutsetter at man vet hva som er hensiktsmessig å hente inn av informasjon samt at problemstillingen er klar og presis. (Halvorsen, 1993)

### Validitet og reliabilitet

I forskningssammenheng er det to viktige begrep som også bør vies oppmerksomhet. Validitet betyr gyldighet og karakteriserer informasjonens godhet. Informasjonen som vurderes er valid (gyldig) dersom to kriterier oppfylles: Det må eksistere samsvar mellom tolkningen og det som skal beskrives og forklares (definisjonsvaliditet), i tillegg til at uttrykket er pålitelig (reliabelt). Reliabilitet kan betegnes med at måle metodene eller kildene som brukes i materialet viser god grad av stabilitet og at de samsvarer godt med hverandre. (Samset, 2008) Figuren under visualiserer sammenhengen mellom god og dårlig validitet og reliabilitet, basert på henholdsvis fokus versus presisjon.



Figur 7 Validitet og reliabilitet – fokus versus presisjon (Samset, 2007).

## 2.2 Valg av metode

Når det gjelder oppgavens tema er dette mindre belyst i løpet av studietiden på NTNU. Noe av oppgaven bygger derfor på prosjektoppgaven i TBA4531 (Prosjektledelse, fordypningsprosjekt) som ble utarbeidet høsten 2011 ved Institutt for bygg, anlegg og transport. Oppgavens tittel er «Innføring av BIM og IFC i kalkulasjon og mengdeberegning» og ble skrevet som et litteraturstudium med noen intervjuer inkludert. Litteratursøket i prosjektoppgaven ble en viktig prosess for å bidra til å skape en god kunnskapsplattform til oppstarten av arbeidet med masteroppgaven samt til å foreta en grundig undersøkelse på hvilken litteratur som kunne være relevant og valid. I forbindelse med dette er det valgt kjente forfattere innenfor emnet. I tillegg er det vektlagt å velge mest mulig nyskrevne kilder når det

gjelder BIM-litteratur. Dette fordi BIM er i stadig utvikling og at det kontinuerlig oppstår nye metoder og oppdagelser rundt emnet. I forhold til metoden for litteraturinnsamlingen ble det også svært nyttig å utnytte seg av arbeidet med spesialtema (TBA4128) slik at potensielle kilder til prosjekt-/masteroppgaven kunne vurderes med tanke på flere ulike faktorer som reliabilitet, validitet, forfatter, utgivelsesår osv. Masteroppgavens fremgangsmåte kan på bakgrunn av overnevnte beskrivelser i dette kapitlet betegnes som en kvalitativ, hypotetisk deduktiv metode der metodene som er benyttet i denne oppgaven er; *litteraturstudium, intervju med velvalgte intervjuobjekt og casestudie*.

### **Litteraturstudium**

For å kartlegge dagens situasjon med bruk av openBIM i kalkulasjonsprosessen er det gjennomført et godt og bredt litteraturstudium. Det er i en slik prosess viktig å innhente gode og pålitelige kilder der kildene kan bidra til å skape et godt informasjonsgrunnlag i utviklingen av oppgavens svar på problemstillingen. Valget av litteratur i oppgaven er både tatt på bakgrunn av arbeidet med spesialtemaet, kilder brukt i prosjektoppgaven, eget litteraturstudium, men også på bakgrunn av anbefalinger fra min eksterne veileder i MajaTeknobygg, Ola Haug Tørstad. Ola leverte masteroppgave innenfor BIM våren 2011 og har med det et godt og friskt grunnlag til å anbefale gode kilder til denne oppgaven. Min egen litteraturanalyse er gjennomført på bakgrunn av kilder i NTNUs biblioteksdatabase, bøker fra universitetets bibliotek, tidligere pensum og ulike, pålitelige internettsider som omhandler oppgavens emne. Stoff som er videreutviklet og tatt med fra høstens prosjektoppgave er kapitlet om anbudsprosessen samt noe av innholdet om MajaTeknobyggs anbuds- og kalkulasjonsprosess.

### **Intervju**

Det er også gjennomført flere intervju i denne oppgaven. Dette er kvalitative intervju der formålet er å få en helhetsforståelse innenfor temaet fremfor å presentere en sammenligning av svar fra mange intervjuobjekt. Svarene fra intervjuene kan i så måte ikke generaliseres på bakgrunn av for få intervjuobjekt. Det er ikke valgt ut tilfeldige intervjuobjekt i denne oppgaven. Intervjuobjektene er primært utvalgt på bakgrunn av samarbeidende aktører med MajaTeknobygg, men også aktører som har vist seg å være relevante etter hvert som oppgaven har utviklet seg. Dette er intervju med blant andre Øyvind Jensen og Stefan Johnsen i Norconsult Informasjonssystemer (NOIS), Oslo. I tillegg er det gjennomført samtaler med flere i BuildingSMART når det gjelder arbeidet og utviklingen av kapittel sju og åtte. Personene som har hatt mest å si for oppgavens intervjuer er:

- *Kjell Svendsen:*  
Kjell arbeider i dag som kalkulasjonssjef i MajaTeknobygg og har tilholdssted ved bedriftens hovedkontor på Lade i Trondheim. Intervjuene med Kjell er lagt til grunnlag, sammen med eget kalkulasjonsarbeid i bedriften, for utarbeidelse av kapitlet om MajaTeknobyggs eksisterende anbuds- og kalkulasjonsprosess.
- *Andrea Welte:*  
Andrea jobber som sivilarkitekt på Per Knudsen Arkitektkontor i Trondheim. Intervjuene med Andrea har blitt gjort for å belyse arkitektenes arbeid og rolle i et BIM-prosjekt i tilknytning til arkitektenes BIM-leveranser for entreprenører.
- *Torstein Fjelldal:*  
Torstein arbeider i dag som seksjonsleder i Norconsult informasjonssystemer og har en 3-årig utdanning fra ingeniørhøgskolen. Han var tidligere daglig leder i ByggOffice AS som nå er underlagt NOIS der han var sterkt involvert i utviklingen av kalkulasjonsprogrammet ISY ByggOffice. Dette er et kalkyleprogram som MajaTeknobygg bruker i dagens kalkulasjonsprosess.

Intervjuguidene som ble utarbeidet til Andrea og Torstein inneholder både felles spørsmål, men også spørsmål spesielt rettet mot intervjuobjektets eksisterende rolle og utdanning. Intervjuene med Kjell er utarbeidet som en egen intervjuguide. Intervjuguidene finnes som vedlegg C i oppgaven. Diktafon ble brukt under intervjuene slik at jeg kunne konsentrere meg fullt og helt om det som ble sagt uten å bruke tid på å notere underveis. I tillegg sikrer dette at alt av informasjon fra intervjuene lagres og at det danner et godt grunnlag for videre arbeid.

### **Casearbeid**

MajaTeknobygg vil med denne oppgaven få utredet hvordan et av bedriftens eksisterende kalkulasjonsprogram kan håndtere en BIM-kalkulasjon. Bedriften har allerede gode relasjoner til Norconsult Informasjonssystemer og jeg har derfor i oppgaven benyttet ISY Calcus i mitt casearbeid. Arbeidet med kalkyleverktøyet er også tilknyttet det som er utarbeidet i kapitler sju og åtte. Calcus brukes i MajaTeknobygg i dag kun til kostnadsvurderinger i tidligfasen av et prosjekt, og det er sett på hvordan programmet ytterligere kan tas videre inn i kalkuleringen av et BIM-prosjekt. Gjennom tiden med oppgaveskrivingen har jeg fått god hjelp av Jostein Solberg (Norconsult Informasjonssystemer, Sandvika) med gjennomgang av kalkyleprogrammet og hvordan programmet kan håndtere en importert IFC-modell til kalkulasjon i Calcus. I casearbeidet er det eksperimentert med en testmodell fra NOIS der det blant annet er sett på muligheter og funksjoner i programmet, kalkyleverktøyetets struktur og oppbygning, visualisering og seksjonering av bygget, objektene tillagte informasjon i modellen og som sagt forslag til hvordan en BIM-kalkulasjon kan utføres med bakgrunn på

det som er utarbeidet i kapittel sju og åtte. Gjennom arbeidsperioden med Calcus har jeg også deltatt på en videokonferanse i regi av MajaTeknobygg. Møtet ble holdt av Jostein Solberg og dets formål var å få et innblikk i hvordan Calcus kan benyttes i en BIM-basert kalkulasjonsprosess.

### **Oppgavens utfordringer**

BIM-kalkulasjon er et relativt nytt tema for entreprenører og en slik prosess kan gjennomføres flere på ulike måter. Oppgaven har på bakgrunn av innhentet informasjon fra litteraturstudiet og intervjuer utarbeidet en anbefaling til organisering av en BIM-basert kalkulasjonsprosess. Kapittel 8 «Implementering av IFC i kalkulasjonsprosessen» er også relativt nytt stoff og det foreligger enda lite standardisert informasjon innenfor dette temaet. Det er derfor inkludert en del intervjubasert materiale i dette kapitlet, noe som resulterer at informasjonen ikke kan generaliseres. Informasjonen vil heller fungere som en helhetsforståelse av temaets ulike aspekt.

Arbeidet med masteroppgaven startet med en forstudierapport som hadde som mål å legge grunnlaget for videre arbeid med denne oppgaven. I forhold til det som var satt som arbeidspakker i forstudierapporten fraviker dette noe i forhold til virkelig arbeid med denne oppgaven. Dette gjelder i hovedsak inndelingen og innholdet i oppgavens underkapitler. Et slikt avvik vil lett kunne oppstå med tanke på at oppgaven hele tiden er i utvikling under skriveprosessen. Det vil da oppstå nyoppdagede tema som er mer relevant å trekke inn enn det som er oppsatt på forhånd.



### 3. MajaTeknobygg AS

#### 3.1 Beskrivelse av MajaTeknobygg

MajaTeknobygg er en av landsdelens største virksomheter med trøndersk eierskap og hadde i 2010 en omsetning på ca. 1,2 mrd. NOK (MajaTeknobygg AS, 2010). Konsernet har i skrivende stund i overkant av 350 ansatte som er lokalisert ved konsernets hovedkontor på Lade, Grande Teknobygg (50 % eierskap) på Verdal og Kjeldstad Holding i Selbu (49 % eierskap). I tillegg har konsernet i 2012 etablert seg innen anleggssektoren ved å videreføre hoveddelen av Grunnarbeids virksomhet. Konsernet har med tiden også planer om å utvide sin virksomhet mot Møre og Romsdal. Maja Teknobygg påtar seg prosjekt både ved bygging av bolig, næringsbygg, rehabilitering av eksisterende bygningsmasse og eiendomsutvikling og -forvaltning. De fleste prosjektene MajaTeknobygg er involvert i gjennomføres etter en samspillmodell. I tillegg leverer Teknobygg Tekniske AS tjenester innen VVS, elektro, klima og rørleggerarbeid (MajaTeknobygg AS, 2012). Maja Teknobygg AS fungerer som konsernselskapets hovedaksjonær i driftsselskapene (MajaTeknobygg AS, 2012):

- *Maja Eiendom AS*
- *Teknobygg Entreprenør AS*
- *Teknobygg Byggfornyelse AS*
- *Teknobygg Tekniske AS*
- *Grande Entreprenør AS*



Figur 8 Organisasjonskart MajaTeknobygg AS (MajaTeknobygg AS, 2012).

### 3.2 BIM i MajaTeknobygg

Etableringen av BIM i Maja Teknobygg er helt i startfasen. Frem til nå har BIM i hovedsak vært et verktøy utnyttet av rådgivende ingeniører og arkitekter i prosjekteringsprosessen med hovedfokus på tredimensjonale modeller til å foreta kollisjonstesting mellom bygningsdeler og tekniske installasjoner. I tillegg har de tredimensjonale modellene blitt brukt i tidlig fase for å anslå et kostnadsestimert på ulike prosjekt. Det ligger et stort ønske om å få implementert BIM inn i konsernet, men samtidig sees det på i hvilken grad BIM skal bli anvendt og brukt i første omgang. Dette gjelder både internt i MajaTeknobygg men også i forhold til det markedet MajaTeknobygg opererer i. Hvis bedriften etablerer kontrakt og samarbeid med en byggherre som krever BIM i (deler av) sitt prosjekt er MajaTeknobygg helt avhengig av å kunne tilfredsstillere dette kravet.

På tross av at konsernet ikke har arkitekter eller rådgivende ingeniører er man, spesielt ved internprosjekter, involvert i en betydelig del av prosessene i et byggeprosjekt. Det er derfor meget interessant for MajaTeknobygg å kunne hente ut de større gevinstene man forventer at BIM vil bringe med seg. Dette vil, både for MajaTeknobygg og for byggenæringen som helhet, kreve en større prosessforståelse, en tydeligere strukturering av byggeprosjekter og en større grad av industrialisering enn det som har vært tilfellet frem til nå.

Ola Haug Tørstad jobber som utviklingsingeniør i bedriften og er i førersetet når det gjelder innføringen av BIM i MajaTeknobygg. Det er allerede utarbeidet en implementeringsplan for BIM i bedriften som videre skal resultere i en BIM-manual som skal ligge til grunn for alle BIM-prosesser i MajaTeknobygg sine prosjekter. (Tørstad, 2011)

En implementering av BIM i konsernet handler ikke bare om å få på plass programvarene som skal benyttes i ulike faser av et prosjekt, men også få etablert en velfungerende samhandlingsprosess (BIM-prosess) mellom de involverte aktørene.

Med utgangspunkt i det overnevnte har MajaTeknobygg valgt seg ut fire fokusområder for BIM i 2012. Disse tar tak i behovet for god bruk av BIM i noen av de største og viktigste prosessene i organisasjonen; byggeprogrammering, mengdeberegning, og koordinering av prosjekterings- og byggeprosessen.

- BIM til bruk i byggeprogrammering og som grunnlag for prosjektering.
- BIM til bruk i mengdeberegning for anbud, kalkulasjon og planlegging.
- BIM til bruk i koordinering av prosjekteringsprosessen.
- BIM til bruk i koordinering av byggeprosessen.

## 4. BIM

I dette kapitlet er BIM generelt beskrevet og har med det tatt utgangspunkt i boken «BIM Handbook» av Chuck Eastman. Dette fordi Chuck Eastman, for mange, regnes som den første personen som definerte BIM i sin helhet. Han står som forfatter for over 70 utgivelser innen BIM, og fungerer dermed som en troverdig og valid kilde. Eastman er utdannet professor og jobber til daglig på “Colleges of Architecture and Computer Science at Georgia Institute of Technology” i Atlanta. (Eastman, 2012)

### 4.1 Hva er BIM?

BIM er en forkortelse for **BygningsInformasjonsModellering** eller **BygningsInformasjonsModell** som på engelsk har navnet **BuildingInformationModeling** eller **BuildingInformationModel**, avhengig om man omtaler BIM som prosess eller produkt.

- *Bygningsinformasjonsmodellering* – når man snakker om prosessene som utføres.
- *Bygningsinformasjonsmodell* – når man snakker om et produkt, eksempelvis en IFC.

BIM er en objektbasert 3D-modellprosess med strukturert og intelligent informasjon der alt av modellens informasjon lagres på en modellserver og inneholder bestemte koder. Hele ideen ved bruk av modellserver er at informasjonen som ligger lagret kan gjenbrukes av samtlige aktører i prosjektet som har tilgang til modellen. Hvert objekt har tilknyttet bestemt informasjon i form av tilhørende attributter som for eksempel brannklasser, lydklasser, farge, materialtype, utformingsparametre (høyde, bredde og dybde), plassering i forhold til andre objekt osv. I modellen vil man også finne informasjon i forhold til romskjema, areal, romnavn samt informasjon om egenskapene til ulike gulv, vegger, dekker, vindu, dører, tak, søyler, bjelker osv. Uavhengig om man snakker om BIM som et *produkt* eller en *prosess* er det de to siste bokstavene som er de sentrale i BIM-begrepet. Dette fordi disse beskriver hva som faktisk utføres i en BIM-prosess (modellering av informasjon). (Eastman, 2008)

Når man modellerer, er det sentrale hva slags informasjon som er tilknyttet objektet (f.eks. at det er en branndør i brannklasse EI-60), og ikke hvordan noe rent visuelt ser ut med bruk av streker og symboler på en todimensjonal (2D) plantegning. (Statsbygg, 2009)

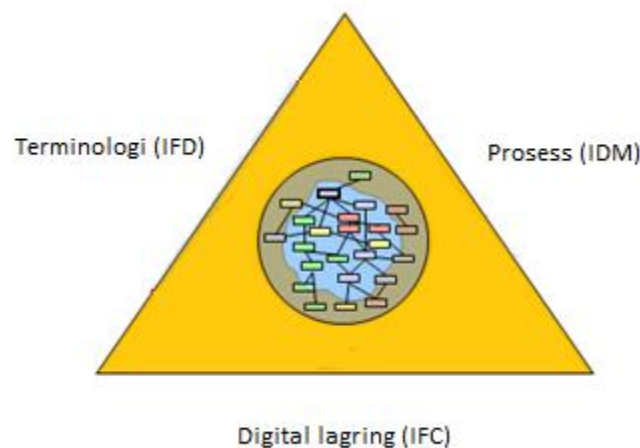
Et objekt (i dette tilfellet en dør, IfcDoor) kan for eksempel se slik ut i en BIM (Statsbygg, 2009):

#### **IfcDoor**

- Egenskaper (brannklasse EI-60, farge RAL 3020, lydklasse R'w 60 dB).
- Relasjoner (denne branndøren tilhører vegg AB14 som er med å avgrense rom B56 og B57 mellom seg).

Man kan også hente ut rapporteringsmateriale som for eksempel kan være 2D-plantegninger, 3D-visualisering av bygget, 4D-fremdrift, 5D-kostnad-fremdrift, men også mengdelister, dørskjemaer, vindusskjemaer osv. (OD) (Statsbygg, 2009). En slik måte å hente ut oppdaterte mengdelister på vil spare kalkulatørene for mye unødvendig jobb, både fordi det ellers må utføres manuelle mengdeberegninger, men også nye kalkulasjonsberegninger for hver fase i prosjekteringen (skisse-, for-, og detaljprosjekteringen) da det skjer kontinuerlige endringer i prosjekteringsprosessen. Dette vil frigjøre kalkulatørene for en slik type jobb som vil gi større rom for parallell prosjektering av flere prosjekter.

I prosessen ved bruk av BIM er det viktig at informasjonen kan deles med andre involverte aktører i byggeprosjektet. I denne sammenheng er det tre elementer som må være på plass. Disse kan organiseres i en trekantstruktur som ofte omtales som BIM-trekanten. De tre elementene er IFC (Industry Foundation Classes), IFD (International Framework for Dictionaries) og IDM (Information Delivery Manual). Det er mulig å bygge alle de tre elementene på åpne, internasjonale standarder/spesifikasjoner. (Statsbygg, 2009)



**Figur 9 BIM-trekanten (IFC, IFD og IDM) (Statsbygg, 2009).**

## IFC

IFC står for Industry Foundation Classes og er et standardisert filformat som gjør datamodeller ved bruk av BIM kompatible med hverandre og med det har muligheten til å utveksle informasjon på tvers av modellene. Formatet utvikles av IAI (International Alliance for Interoperability) og er en ISO standard som man kan benytte seg av som et ISO standard filformat (Wikipedia, 2012). En IFC-fil fungerer som et bibliotek for alle objektene som er tilknyttet og modellert i det aktuelle prosjektet der hvert objekt har tildelte egenskaper i form av attributter. Eksempler på slike attributter kan som sagt være geometri, materialtype,

beliggenhet i terrenget, brannklasse osv. (Eastman, 2008). Fordelene med IFC vil helt klart være en bedre samspillprosess og en mer komprimert prosjektering der informasjonsflyten på tvers av ulike fag fungerer på en god måte.

## IFD

IFD står for International Framework for Dictionaries. Oversatt til norsk vil dette omtales som et ordlistebibliotek. Mens de to første ordene, «International og Framework» beskriver IFD godt fungerer det siste ordet «Dictionaries» på en måte misvisende. IFD har en funksjon langt utover det å operere som en ordbok. En mer korrekt beskrivelse av dens funksjon ville vært International Framework for Ontologies, altså et internasjonalt rammeverk for ontologier/klassifikasjoner. IFD fungerer ikke som kartlegging av ord fra ett språk til et ord på et annet språk, men er en mekanisme som skaper enighet om definisjon og terminologi. Dette betyr at de begreper som benyttes i en BIM-beskrivelse/modell blir entydig forstått uavhengig av språk. Et eksempel som viser dette er visualisert i figuren under: (Bjørkhaug & Bell, 2007)



**Figur 10 IFD, felles forståelse av terminologi (Bjørkhaug & Bell, 2007).**

I dette tilfellet vil oversettelsen av «dør» på norsk, ved bruk av en vanlig ordbok, bli oversatt til «door» på engelsk. Ved nærmere undersøkelse vil en slik oversettelse skape forvirring og et tvetydig resultat. Dette fordi «dør» på norsk refererer til døra inkludert dens omkringliggende ramme, mens «door» på engelsk beskriver kun dørbladet. Som figurer over viser burde «dør» blitt oversatt til «door-set». (Bjørkhaug & Bell, 2007)

## IDM

IDM står for Information Delivery Manual. For å få full utnyttelse av BIM er man avhengig å skape en god og velfungerende kommunikasjon mellom ulike aktører i byggebransjen. Informasjonen som kreves bør ligge tilgjengelig når det trengs og kvaliteten på informasjonen bør være i henhold til avtale krav og standarder. IDM gir en tilnærming til en helhetlig referanse for prosess og data som kreves ved bruk av BIM. Den beskriver og identifiserer de prosessene som gjennomføres i et prosjekt, krav til informasjon for utførelsen og krav til resultatet. Ved å gjøre dette er hensikten å skape et grunnlag for pålitelig utveksling av informasjon for brukerne slik at de kan være trygge på at informasjonen de mottar er korrekt og tilstrekkelig for de aktivitetene de skal utføre. (BuildingSMART, 2009)

IDM spiller en sentral rolle i arbeidet med å koble relevante forretningsprosesser opp mot BIM'en. Med dette må man klarlegge og beskrive (Statsbygg, 2009):

- Hvem (faglig aktør/rolle) som skal levere hvilket arbeid?
- Hvilken informasjon skal prosjekteres/beskrives i den felles BIM-en?
- Til hvilket formål?
- Hvilke aktører trenger informasjonen som er utarbeidet?
- På hvilket tidspunkt i prosjektet (i hvilken fase) skal dette skje?

Under vises et eksempel på standard modelleringskrav utarbeidet av Statsbygg for en arkitekt i et skisseprosjekt. Det foreligger ulike krav til ulike faser i et prosjekt, og kravet til informasjon detaljeres i større grad jo lengre man kommer ut i prosjektet.

Modelleringskravene er delt inn i referansenummer, tema, type og krav og beskrivelse.

Statsbyggs modelleringskrav vil være med klarlegge og beskrive de overnevnte punktene, og med det fungere som et eksempel på en IDM i en BIM-prosess.

#### Skisseprosjekt – standard modelleringskrav

Ref.#	Tema	Type	Krav og beskrivelse
40.	Geometrisk nøyaktighet	SKAL	Geometri skal være <u>tilnærmet</u> når det gjelder form, størrelse (lengde, bredde, høyde, areal og volum), plassering og retning.

Figur 11 Skisseprosjekt – standard modelleringskrav for arkitekten. (Statsbygg, 2011).

I nærliggende fremtid vil det også bli utarbeidet IDM-er på nasjonalt nivå for forhold som er spesielle i hvert enkelt land (Statsbygg, 2009).

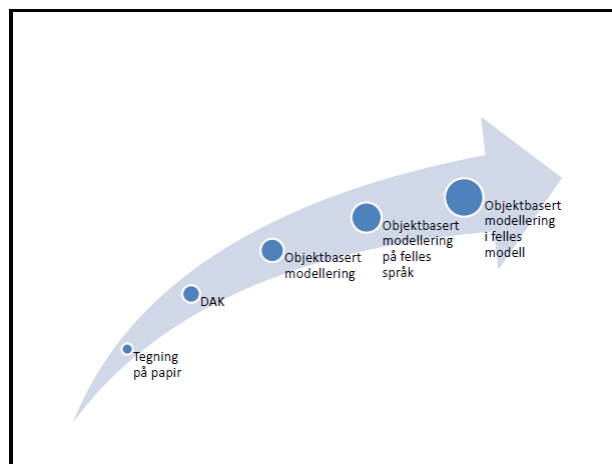
## 4.2 Historiske hovedtrekk i utviklingen av BIM

Allerede sent på 1960-tallet ble idéen om bruk av modellering i 3D-geometri utarbeidet, der de så muligheten til å arbeide med volumer i form av objekter. Disse objektene kunne oppstå ved sammenslåing av et sett med ordinære 2D-tegninger. Objektene kunne på den tiden kun brukes til å komponere et bilde og ikke større kompliserte former med dynamisk geometri. I 1973 ble Ian Braid, Bruce Baumgart, Ari Requicha og Herb Voelcker banebrytende når det gjelder generell modellering i 3D med tilhørende redigeringsmuligheter i modellen. Denne radikale endringen i form av 3D-modellering ble etter hvert kjent som «solid modeling» og dette blir i ettertid sett på som den første generasjonen som praktiserte designverktøy i 3D. (Eastman, 1999)

Gjennom hele historien har tegninger vært retningslinjer for produksjon av ulike bygg. Som en del av arbeidet mot en 3D-basert modelleringsprosess evaluerte Chuck Eastman i 1975 strategien ved bruk av 2D-tegninger i en byggeprosess. Han konkluderte med at tegninger utarbeidet i 2D hadde klare strategiske begrensninger der han spesielt fokuserte på to hovedproblemer: (1) for å kunne visualisere og skildre et 3D-objekt trengs det flere tegninger som beskriver ulike sider av en sammensatt geometri. Dette gjør tegningene overflødige og gir også økt sjanse for feil når man opererer med en sammensatt beskrivelse. (2) tegninger er utformet som linjer og buer som kun kan tolkes av mennesker, ikke datamaskiner. (Eastman, 2008)

I 1984 lanserte Graphisoft sin første utgave av «Virtual Building Solution» bedre kjent som ArchiCAD (London: Archicad BIM center, 2010). Denne revolusjonerende programvaren ga arkitekter helt andre muligheter i form av å prosjektere og visualisere sine prosjekt i et 3D-format sammenlignet med datidens tradisjonelle CAD-programmer som praktiserte standard todimensjonale figurer. Dette ble særs viktig for ingeniører og arkitekter fordi de var i stand til å lagre store mengder data innenfor modellens rammer. Dette kunne være alt fra spesifiserte volumparametre (høyde, bredde og dybde), tilhørende egenskaper til hvert objekt og mengder av ulike objekter i modellen (BIM: Building Information Modeling Blog, 2010).

BIM sees enda på som relativt nytt for mange i byggebransjen. De første observasjonene og erfaringene man gjorde seg i bruken av 3D-modellering var at modellene bedret den visuelle kvaliteten av bygget, reduserte feil i design samt kortet ned på byggetiden og den totale projektkostnaden (Eastman, 2008). Disse er også i dag noen få av en rekke andre faktorer som effektiviserer og bedrer hele byggeprosessen, fra vugge til grav. BIM har enda ikke nådd fullt og helt inn som en standardisert prosess hos entreprenørbedriftene i Norge, men bransjen er i stor utvikling og BIM vil helt sikkert være med å prege de aller fleste aspekt i et byggeprosjekt i årene som kommer.



Figur 12 Historisk utvikling av BIM-basert modelleringsverktøy. (NTNU, 2011).

## 4.3 Muligheter ved bruk av BIM

### 4.3.1 Muligheter i idé-/programmeringsfasen

Selv om BIM er i stadig utvikling finnes det i skrivende stund mange muligheter ved å ta i bruk BIM i ulike faser i et byggeprosjekt. I tidligfasen av et prosjekt er det aktuelt å etablere en «krav-BIM» i form av en «IFC-kravmodell». I denne kravmodellen vil det kunne modelleres både romprogram, funksjonsprogram og byggeprogram. Ved ferdigstillelse av det aktuelle prosjektet kan kravmodellen brukes som sammenligningsgrunnlag mot bygningsinformasjonsmodellen som representerer det ferdige bygget (as-built-BIM'en) slik at modelleringskrav kan sammenlignes med utført arbeid. (Statsbygg, 2012)

### Muligheter i prosjekteringsfasen

Når arkitekten og de øvrige prosjekterende skal ta fatt på modelleringsfasen foreligger krav-BIM-en som et utgangspunkt/rammeverk for de kommende modellerte løsningene. Tidlig i prosjekteringen og kontinuerlig i modelleringsfasen vil det være nyttig å sjekke kollisjoner mellom ulike fag som er integrert i BIM-en. Dette kan for eksempel være kollisjoner mellom ventilasjonskanaler og rørsystemer i bygget. Som kjent er det billigere å oppdage feil med bits og bytes enn med stål og betong. Videre kan det være nyttig å se på følgende operasjoner: (Statsbygg, 2012)

- Kjøre energisimuleringer i ulike scenarier
- Gjøre akustiske simuleringer i rom med spesielle lydkrav
- Sjekke bygget i forhold til krav om universell utforming
- Gjøre sol/skyggestudier av bygget
- Kalkulere tidlige kostnader og CO<sub>2</sub>-ekvivalenter
- Bruke modellen som et kommunikasjonsverktøy mot kommune, politikere og naboer
- Brannteknisk analyse

### Muligheter i produksjonsfasen

Kontinuerlig gjennom produksjonsfasen er det aktuelt å legge inn reell produktinformasjon fra både (under)entreprenører og leverandører inn i BIM-en. Dette kan for eksempel være fabrikat, type, lenke til monteringsanvisning, produktdatablad, HMS-datablad, miljødeklarasjon osv. Den utførende entreprenør vil da kunne hente inn produktinformasjon for sine tilbudte produkter gjennom eHandelssystemer og varedatabaser som er lenket mot IFD-koder med unike beskrivelser. (Statsbygg, 2012)



## Muligheter i FDV-fasen

Gjennom en hel byggeprosess vil det kontinuerlig være muligheter for å berike modellen med ytterligere informasjon. I FDV-fasen er det aktuelt å holde orden på utleiearealer, planlegge (og simulere) brannrømning, visualisere status på ulike objekt som er integrert i modellen, planlegge investeringer, renhold og vedlikehold, registrere hendelser (feilretting, innbrudd, fuktskader osv.) registrere resultater fra tilstandsanalyser av bygget, planlegge og følge opp miljøsanering osv., basert på BIM-modellens informasjon og regelmessig oppdatering av modellen gjennom forvalterens oppfølging. (Statsbygg, 2012)

I figuren under vises BIM-hjulet der alle applikasjoner som kan integreres i BIM'en ligger plassert rundt hjulet. I senteret av hjulet vises frontbygget på A-hus (Akershus Universitetssykehus) hvor det ble bruk BIM i byggeprosessen.



Figur 13 Bruk av BIM på frontbygget på A-hus (Akershus Universitetssykehus) med tilhørende applikasjoner (Teknisk Ukeblad, 2008).

#### 4.4 Fordeler ved bruk av BIM

Ved å utnytte seg av de mulighetene som befinner seg i BIM-teknologien er det mange prosesser i et prosjekt som vil oppleve forbedringer med tanke på blant annet effektivitet, interoperabilitet og menneskelig kommunikasjon. Selv om byggeindustrien i skrivende stund er i en etableringsfase når det gjelder implementeringen av BIM, og i en diskusjonsfase når det gjelder i hvilken grad og i hvilke prosesser BIM skal utnyttes, har det allerede blitt opplevd signifikante forbedringer ved å ta i bruk BIM både med tanke på tid, kvalitet og kostnad sammenlignet med en tradisjonell 2D-CAD-basert prosess. (Eastman, 2008)

Selv om det er usikkert at alle fordelene ved bruk av BIM, som er beskrevet under, er tatt i bruk er meningen med dette avsnittet å belyse de mulighetene som allerede eksisterer, og samtidig beskrive de mulighetene som på sikt kan bli nyttiggjort etter hvert som BIM-teknologien utvikler seg.

##### **Byggherrens fordeler før bygging**

- **Fordeler ved vurdering av konsept, gjennomførbarhet og design**

Før en byggherre engasjerer en arkitekt er det nødvendig å bestemme om en bygning av en gitt størrelse og et ønsket kvalitetsnivå kan bli bygd innenfor et fastlagt budsjett og innen en bestemt tidsramme. Hvis disse bestemmelsene med sikkerhet kan fastslås er det god grunn for byggherren og fortsette sin utvikling av prosjektidéen med forventninger om et godt og lønnsomt prosjekt. Et viktig aspekt ved vurdering av lønnsomhet i prosjektet hos byggherren ligger i å linke en tilnærmet bygningsmodell til en kostnadsdatabase for å simulere kostnadene opp mot ulike valgte muligheter for løsninger. Dette resulterer i en kostnadsstyrt utviklingsfase der man også får klarlagt hvor de største kostnadsdriverne ligger i tidligfasen av et prosjekt. (Eastman, 2008)

- **Bedre utførelse og kvalitet på bygget**

Utviklingen av en tidligfase-/konseptmodell før produksjonen av en detaljert bygningsmodell fører til en bedre og mer nøyaktig evaluering av de ulike konseptene. Disse evalueringene settes opp mot bygningens funksjonskrav og levetid for å kunne etablere et bedre beslutningsgrunnlag rundt valg av konsept. Ved å benytte analyse-/simuleringsverktøy i tidligfasen av et prosjekt vil dette ytterligere styrke den helhetlige kvaliteten på bygget. (Eastman, 2008)

## **Fordeler i prosjekteringsfasen**

- **Tidligere og mer nøyaktige visualiseringer av bygget**

Ved å ta i bruk en bygningsinformasjonsmodell i prosjekteringsfasen vil man kunne utnytte seg av muligheten for 3D-visualisering tidlig i prosjektet sammenlignet med en tradisjonell prosess bestående av et sett med 2D-tegninger. Denne modellen kan i hvilken som helst fase i byggeprosjektet visualisere bygget, fra alle mulige vinkler, og med det fungere som et godt kommunikasjonsverktøy mot involverte aktører. Modellen kan også brukes i prosjekteringsmøter der den fungerer som grunnlag for diskusjon av mulige løsninger og estetiske utforminger. (Eastman, 2008)

- **Uthente nøyaktige og gjennomførte 2D-tegninger i en hvilken som helst fase av prosjekteringen**

Nøyaktige og gjennomførte tegninger kan bli hentet ut fra et hvilket som helst snitt av bygget. Dette legger grunnlaget for en komprimert prosjektering der alle fag har sitt tegningsgrunnlag samlet i modellen, og vil medføre en reduksjon både med tanke på mengden av timer og antall feil som blir gjort i forbindelse med produksjonen av de enkeltes fags tegninger. Når det ønskes å gjøre forandringer i modellen, vil det kunne hentes ut fullt oppdaterte tegninger i henhold til endringene som er gjort så snart modifikasjonene er gjennomført. (Eastman, 2008)

- **Tidligere etablering av samarbeid mellom de ulike fagene i prosjekteringen**

BIM-teknologi letter og komprimerer samarbeidet mellom ulike fag i prosjekteringen. Selv om det også er fullt mulig å samarbeide og jobbe med 2D-materiale som prosjekteringsgrunnlag, er det naturlig nok mer tidkrevende og større sjanser for feil enn å arbeide med en eller flere koordinerte 3D-modeller der alle endringer som blir foretatt oppdateres i alt av prosjekteringsmaterialet. Dette fører til at man kontinuerlig kan for eksempel utføre kollisjonssjekker mellom ulike komponenter ved endringer i modellen. Dette vil korte ned på prosjekteringstiden og signifikant redusere prosjekteringsfeil og –mangler. Det vil også gi tidligere innsikt i problemer som vil kunne oppstå noe som vil være svært gunstig å avdekke så tidlig som mulig i prosjektet. Det er betraktelig mer kostnadseffektivt å oppdage feil så tidlig som mulig i prosjektet enn å få innsikt i problemene når konseptvalgene er bestemt. (Eastman, 2008)



**Figur 14** Kommunikasjonskanaler i en tradisjonell prosess (Christensen, 2009).



**Figur 15** Kommunikasjonskanaler med BIM (Christensen, 2009).

Som nevnt i avsnittet over vil BIM komprimere samarbeidet mellom de ulike aktørene i et byggeprosjekt. Figurene over viser hvordan samarbeidet og kommunikasjonskanalene er tenkt i et BIM-prosjekt sammenlignet med hvordan informasjonsutvekslingen har foregått gjennom mange år i tradisjonelle byggeprosjekt. Nøkkelen for en slik deling av informasjon i et BIM-prosjekt ligger i en felles plattform der prosjekteringsmaterialet er oppdatert til enhver tid.

- **Kontrollsjekke modelleringsinnholdet mot prosjektbeskrivelsen**

BIM legger til rette for et bedre og mer nøyaktig kostnadsestimat i tidligfasen av et prosjekt. Dette fordi BIM skaper en tidlig 3D-visualisering av bygget med tilhørende mengder av arealer, romobjekter, materialer osv. Modellen kan også modelleres på bakgrunn av kvalitative krav til bygget. Dette gjelder spesielt tekniske bygg (laboratorium, sykehus m.m.) der kvalitetskravene sjekkes kontinuerlig opp mot de løsningene som modelleres gjennom automatiske evalueringer. (Eastman, 2008)

- **Hente ut og benytte kostnadskalkyler gjennom hele prosjekteringen**

På et hvilket som helst tidspunkt i prosjekteringsfasen kan man ved hjelp av en BIM hente ut gode, beskrivende og nøyaktige mengdelister som kan brukes til kalkulasjon av kostnadene i prosjektet. På et tidlig stadiet i prosjekteringsfasen er kostnadsestimatene primært basert på enhetspris pr. kvadratmeter. Når prosjekteringsfasen utvikler seg og informasjonen foreligger

i et mer detaljert format er det mulig å innhente mer nøyaktige mengdetall til kostnadsberegningen av prosjektet. På dette stadiet er det viktig at alle involverte parter er innforstått og klar over hvordan kostnadene utspiller seg med tanke på valgt konsept før man går videre inn i detaljeringen av anbudet. Når prosjekteringsfasen går mot slutten vil det kunne foreligge et kostnadsestimat basert på hvert enkelt objekt i modellen som samlet sett gir en detaljert og nøyaktig kalkyle. Med en slik arbeidsmetodikk rundt utarbeidingen av en endelig kalkyle i prosjekteringsfasen er det mulig å etablere bedre evalueringsmuligheter med tanke på konseptvalg knyttet til kostnader med BIM i forhold til et tradisjonelt papir-basert system. (Eastman, 2008)

- **Effektiv energibruk og bærekraftighet**

Ved å linke bygningsinformasjonsmodellen til verktøy for energiberegninger og energisimuleringer kan man få evaluert bygningens energibruk ved gitte nøkkeltall i en tidlig fase av prosjekteringen. Ved å utføre samme operasjon med et 2D-verktøy er ikke dette mulig å utføre før i slutten av prosjekteringsprosessen da dette krever separate energianalyser. Dette resulterer i at det er vanskelig å gjøre vurderinger underveis i prosjekteringen på hvilke energiløsninger som bør velges med tanke på et effektivt energisystem i bygget. Mulighetene man har ved å linke en bygningsinformasjonsmodell til ulike verktøy for energianalyser gir mange muligheter til å forbedre kvaliteten på det aktuelle bygget. (Eastman, 2008)

### **Fordeler i produksjonsfasen**

- **Synkronisere prosjektering og produksjonsplanlegging**

Ved å ta i bruk 4D CAD i produksjonsplanleggingen kan man linke fremdriftsplanen i produksjonsfasen til 3D-objektene modellert i prosjekteringen, slik at det blir mulig å simulere produksjonen på et hvilket som helst tidspunkt med tanke på byggets størrelse og omkringliggende område. Denne grafiske simuleringen skaffer et nærmere og bedre innsyn i hvordan produksjonen vil utarte seg dag for dag og avslører potensielle problemer og muligheter som er viktige å få avdekt for å skape forbedringer i utførelsesfasen. Dette kan for eksempel være størrelse, mannskap og utstyr, romkonflikter, HMS-problem osv. (Eastman, 2008)

- **Oppdage prosjekteringsfeil og mangler før produksjonsfasen igangsettes**

Siden den virtuelle 3D-modellen er en sammensetting av alle 2D-tegninger eliminerer dette muligheten for prosjekteringsfeil knyttet til inkonsekvente og motsigende 2D-tegninger. I denne sammenhengen kan de ulike fags systemer sammenlignes og kontrollsjekkes. Med en

slik prosess vil det bli svært nyttig å tidlig identifisere kollisjoner av ulike fag før de avsløres ute på byggeplass. Dette koordinerer og samkjører samarbeidet mellom de prosjekterende og entreprenørene på en bedre måte og resulterer i færre byggefeil og mangler ved endt resultat i prosjektet. Slike oppgraderte muligheter med BIM minker tidsbruken i prosjektet, reduserer kostnader, minker sjansen for rettslige og juridiske saker i etterkant samt forbedrer og samkjører hele prosjektteamet på en bedre måte gjennom hele byggeprosessen. (Eastman, 2008)

- **Reagere raskt på problemer som oppstår knyttet til prosjekterings- og produksjonsfasen**

Ved å modellere inn et foreslått forslag til utførelse i produksjonsfasen vil de berørte objektene knyttet til det endrede forslaget automatisk oppdatere seg i bygningsinformasjonsmodellen. Noen oppdateringer vil skje automatisk basert på etablerte parametriske regelsett. Prosjekteringsendringer kan løses mye hurtigere i en BIM-prosess fordi modifikasjoner kan deles, visualiseres, estimeres og løses uten bruk av tidkrevende papirtransaksjoner. Slike oppdateringer ved bruk av papirbaserte prosesser er svært utsatt for feil i endringsfasen. (Eastman, 2008)

- **Bruke BIM som basis for fabrikkerte komponenter**

Hvis konstruksjonsmodellen er overført til et verktøy for BIM-fabrikasjon og beskrevet og detaljert som fabrikasjonsobjekter, vil dette gi en nøyaktig presentasjon og fremstilling av bygningsobjektene for fabrikasjon og montering. Slike automatiske prosesser er i dag standard praksis hos stålfabrikatører og har også blitt gjort med stort hell i forbindelse med glassfabrikasjoner. Dette legger til rette for at leverandører verden over kan gå inn i modellen, utarbeide den og se på hvilke detaljer som må være på plass for å kunne produsere fabrikkerte elementer. Dette letter alt av arbeid i forbindelse med monteringsarbeidet tilknyttet de fabrikkerte elementene på byggeplassen og reduserer både kostnaden til prosjektet og utførelsestiden. Ved å benytte seg av BIM vil dette skape muligheter for å fabrikere større elementer enn det som ville blitt gjort med 2D-baserte tegninger som prosjekteringsgrunnlag i prosjektet. Dette fordi det ofte skjer endringer underveis på byggeplassen og muligheten til å forutse nye eksakte geometrier er enklere å få til med en BIM. (Eastman, 2008)

- **Bedre nyttiggjørelse av Lean Construction**

*«Lean Construction er en ambisjon om å forstå og forbedre den prosjektbaserte produksjonen i byggenæringen. Tilnærmingen til denne problemstillingen er å stille spørsmålet "What kind of Production is Construction?" Dette innebærer å kombinere generell kunnskap om produksjonsprosesser*

*(produksjonsteori) med en forståelse av de mer spesifikke kjennetegnene ved prosjektbasert produksjon i sin alminnelighet og ved byggenæringen i særdeleshet». (Lean Construction NO, 2012)*

BIM- og Lean Construction-tankegang har mange likheter ved seg. Dette gjelder spesielt tanken om effektiv gjennomføring i prosjekter. For å implementere Lean Construction-teknikker krever dette hensynsfull koordinasjon mellom entreprenøren og underentreprenører for å forsikre at arbeidspakker kan utføres når de egnede ressursene er tilgjengelig på byggeplassen. Dette minimaliserer sløsing av arbeidstimer og minsker plassnødvendighet for materialer på arbeidsområdet. Som sagt er BIM en tilnærmet nøyaktig modell av det som skal produseres og fungerer samtidig som en leveranseliste over hvilke materialer som skal leveres til de ulike definerte arbeidsområdene. På bakgrunn av dette gir en slik tilnærming forbedringer tilknyttet planleggingen av tid og ressurser mot de ulike underentreprenørene og legger til rette for å kunne handle etter et «just-in-time» prinsipp når det gjelder bruk av mannskap, utstyr og materialer. Dette vil også bidra til å holde kostnadene lavest mulig og tillater bedre samarbeid mellom de utførende på byggeplassen. (Eastman, 2008)

- **Mulighet for å synkronisere innkjøp med prosjekteringen og produksjonen**

Resultatet av en komplett bygningsinformasjonsmodell vil i beste fall inneholde nøyaktige mengder for alle materialer og objekter som er modellert i prosjekteringsfasen. Dette er avhengig av mengde informasjon som er modellert i 3D-modellen. Disse mengdene, spesifikasjonene og egenskapene kan brukes som grunnlag i anskaffelsesprosessen av materialer fra ulike leverandører. (Eastman, 2008)

### **Fordeler i FDV-fasen**

- **Bedre forvaltning, drift og vedlikehold av bygget**

Bygningsinformasjonsmodellen vil i FDV-fasen (forvaltning, drift og vedlikehold) fungere som en kilde av informasjon (både grafisk/visuelt og spesifisert) for alle systemene som utnyttes og brukes i et bygg. Tidligere analyser som er blitt brukt til å bestemme mekanisk utstyr, kontrollsystemer, og andre innkjøp kan bli videresendt til byggherre/tiltakshaver av bygget for å fungere som et underlag for de valg som er tatt i produksjonsfasen av utførende løsninger. Denne informasjonen kan brukes til å kontrollsjekke at alle tekniske systemer fungerer som de skal etter at bygget er ferdigstilt. (Eastman, 2008)

Denne informasjonen fungerer også som en dokumentasjon for «as-built-BIM» som sammenlignes med krav-BIM'en utarbeidet i programmeringsfasen.

- **Integrerte systemer for forvaltning, drift og vedlikehold**

En bygningsinformasjonsmodell som har blitt oppdatert med alle endringer gjort i produksjonen av bygget vil fungere som en meget god kilde til informasjon angående de fungerende systemene i bygget. Modellen vil også fungere som dokumentasjon på hvordan rommene er blitt utført i bygget, og blir betegnet som «as-built». Et slikt informasjonsgrunnlag vil være veldig nyttig når man skal i gang med å drifte og forvalte bygget i byggets livsløpsfase. I fremtiden vil også BIM kunne være med på å støtte overvåking av kontrollsystemer og vil ligge til grunn for automatisk styring av den operative driftsledelsen av bygget. (Eastman, 2008)

BIM vil medføre store forandringer i byggebransjen. Både med tanke på ny bruk av (eksisterende) programvarer, men også en omstrukturering i måter en byggeprosess vil fungere på. Bruk av informasjonsmodeller vil digitalisere både planleggings-, bygge- og driftsprosessene som gjør at all informasjon kan databehandles effektivt. Ved at prosjektmaterialer i 2D erstattes av koordinerte 3D/4D/5D-modeller med intelligente objekter som har relasjoner til hverandre vil dette komprimere prosjektmaterialer og samarbeidet mellom de ulike aktørene vil fungere på en bedre måte gjennom hele byggeprosessen. (Statsbygg, 2007)

#### 4.5 utfordringer ved bruk av BIM

Forbedrede prosesser med BIM i hver av fasene i et byggeprosjekt vil redusere alvorlighetsgradene og antallet av problemene som kan oppstå sammenlignet med en tradisjonell prosess. Selv om BIM blir benyttet på en god og gjennomtenkt måte vil det oppstå signifikante endringer med tanke på relasjonene mellom de involverte aktørene og de kontraktbaserte bestemmelsene mellom dem (tradisjonelle kontraktsbestemmelser er skreddersydd for prosesser uten bruk av BIM). En av de viktigste faktorene å få på plass i en BIM-prosess er tidligere etablering av samarbeid mellom arkitekt, entreprenør og andre tilknyttede fag i et prosjekt. (Eastman, 2008)

- **Utfordringer med samarbeid og teamsammensetning**

Selv om en BIM-prosess tilbyr nye og bedre metoder for samarbeid, vil det også oppstå nye utfordringer tilknyttet utviklingen av effektive og samkjørte team. En av de største utfordringene som vil oppstå er rammene rundt standardiseringen av informasjonen, måten informasjonen skal deles på og hvilken informasjon som skal leveres til de ulike prosessene. Hvis arkitekten benytter seg av tradisjonelle papirbaserte tegninger vil det bli nødvendig for entreprenøren å etablere en modell av prosjektet som kan benyttes i planleggingen av



bæresystem, kostnader, koordinering, tidsforbruk for prosjektet etc. Det å konstruere en modell etter prosjekteringen er unnagjort vil sees på som en direkte tilleggs-kostnad, men kan veies opp mot de fordelene det vil medføre i produksjonsfasen med tanke på grunnlag for underentreprenørenes beskrivelser, fabrikkasjonsbeskrivelser, dokumentasjon av endringer gjort på byggeplass, tillegg av innkjøpsaktiviteter osv. Hvis aktørene i prosjekteringsteamet benytter seg av ulike modelleringsverktøy er det nødvendig å få på plass et system som åpner for deling av disse modellene mellom seg eller kombinerer modellene til en sammensatt modell. I denne sammenhengen vil IFC komme inn og spille en viktig rolle. Dette er en utfordring som kan resultere i større kompleksitet og medføre potensielle feil i prosjektet. (Eastman, 2008)

- **Lovendringer knyttet til eierskapet av utarbeidet materiale**

Juridiske forhold med tanke på hvem som eier den prosjekterte modellen, analysene gjort i prosessen, konstruksjonsmodellen o.l. er spørsmål som enda ikke har blitt avklart i forhold til en BIM-prosess. I tillegg vil spørsmål vedrørende betaling av prosjektert materiale og ansvar i forhold til nøyaktigheten i de ulike modellene være sentrale fokusområder når det skal utarbeides lovbestemmelser tilknyttet bruk av BIM. Ettersom byggherrene får mer innsikt i hva BIM egentlig er og de fordelene dette medfører vil de også kreve BIM-dokumentasjon til bruk i FDV-fasen. (Eastman, 2008)

- **Utfordringer i implementeringsfasen av BIM**

Det å skulle implementere et BIM-system som erstatter for et 2D- eller 3D-CAD-system innebærer mer enn kun å anskaffe programvarer og oppgradering av hardware. For å få en effektiv utnyttelse av BIM krever dette en endring av hver eneste prosess tilknyttet en bedrifts virksomhet. Det vil si at det i praksis ikke holder å gjøre de samme prosessene på en ny måte. Før implementeringsprosessen kan igangsettes er det viktig å få på plass en grunnleggende forståelse og tankegang for hvordan en slik prosess bør igangsettes. (Eastman, 2008)

Selv om det er forskjellig fra bedrift til bedrift hvordan man bør gå frem i en slik prosess, avhengig av deres arbeidsområder innenfor bygg- og anleggsnæringen, vil jeg nedenfor liste opp generelle tiltak som må ligge til grunn uavhengig av tilhørighet i byggebransjen. (Eastman, 2008)

1. Det øverste hold i bedriften må tildeles ansvaret for utviklingen av en implementeringsplan for BIM som dekker alle aspekter av firmaets virksomhet. I tillegg må de foreslåtte endringene undersøkes i forhold til hvilken innvirkning det vil ha,

både med tanke på interne avdelinger og tilknyttede samarbeidspartnere og leverandører.

2. Etablere en intern organisasjon av nøkkelpersoner som står ansvarlig for å utarbeide implementeringsplanen tilknyttet kostnader, tid og ytelsesbudsjett som grunnlag for videre arbeid.
3. Start bruken av BIM på en eller to små prosjekter (kanskje prosjekt som allerede er ferdigstilt) parallelt med en tradisjonell prosess og produser tradisjonelle beskrivelser og dokumenter fra bygningsinformasjonsmodellen. Et slikt arbeid vil medvirke til å kunne avsløre hvor det foreligger underskudd av informasjon tilknyttet objektene i modellen.
4. Videre bør det innledende resultatet av overnevnt arbeid brukes til å vurdere og kjøpe inn de nødvendige programvarene som tilfredsstillende ulike behov i en BIM-prosess. Samtidig bør det holdes kontinuerlige kurs for de ansatte for å ivareta og effektivisere opplæringsperioden av de valgte programvarene på en best mulig måte. Parallelt med denne prosessen bør daglig leder for bedriften holdes oppdatert på progresjonen i utviklingsfasen av BIM og eventuelle problemer som oppstår.
5. Utvid bruken av bygningsinformasjonsmodellering til nye prosjekter og start arbeidet med å opplære og introdusere eksterne samarbeidspartnere i prosjektet for nye måter å samarbeide på. Dette innebærer tidligere integrasjon av aktørene i byggeprosessen og deling av informasjon vil forekomme på et tidligere stadie sammenlignet med en tradisjonell 2D-basert prosess.
6. Fortsett å integrere BIM-tankegang inn i alle aspekt av bedriftens virksomheter og dokumenter de nye avtaleformene gjennom nyetablerte kontrakter med samarbeidspartnere og leverandører.

#### 4.6 Hva er *ikke* BIM-teknologi?

Forkortelsen «BIM» er blitt et populært begrep hos de aller fleste software-utviklere for å beskrive de mulighetene deres produkter tilbyr. Selv om de fleste software-leverandører utlyser slik informasjon om sine programvarer er definisjonen av hva som er BIM-teknologi ofte variert og uklar. For å skape klarhet i denne diffuse situasjonen vil jeg nedenfor beskrive hva som *ikke* betegnes som BIM-teknologi. Dette er i hovedsak verktøy som produserer følgende modeller: (Eastman, 2008)

- **Modeller som ikke inneholder attributter til objektene, kun 3D-data.**

Dette er modeller som kun kan brukes som grafisk 3D-visualisering av bygget og som ikke har tilknyttet intelligent informasjon til objektene i modellen. Disse modellene er gode redskap for visualisering, men gir ingen støtte for dataintegrasjon.

- **Modeller som ikke inneholder informasjon om objektenes atferd**

Dette er modeller som definerer objektene men som unnlater å informere om objektenes posisjon og relasjon til hverandre fordi modellen ikke inkluderer parametrisk intelligens.

- **Modeller som tillater dimensjonsendringer i en dimensjon, men som ikke automatisk oppdaterer dette i de resterende dimensjonene.**

En slik modell vil ha vanskeligheter med å oppdage feilene dette medfører og vil føre til store sjanser for feil i modellen.

#### 4.7 Åpen versus lukket (proprietær) BIM

Ved bruk av åpen BIM i prosjekter er det tre hovedelement som må ligge til grunn for en god, velfungerende og effektiv informasjonsutveksling. Disse tre elementene er, som omtalt tidligere i oppgaven, de samme som presenteres i BIM-trekanten:

- Lagringsformat (IFC)
- Terminologi (IFD)
- Prosess (IDM)

Når man setter disse tre aspektene av BIM i sammenheng omtaler man åpen BIM som å ha et omforent lagringsformat med enighet om terminologi der BIM-modellen kan kobles opp mot veletablerte forretningsprosesser. Åpen BIM vil dermed fungere som en universell tilnærming til samarbeid, realisering og drift av bygninger basert på åpne standarder og god informasjonsutveksling. (buildingSMART, 2012)

Bruk av åpen BIM vil være viktig med tanke på flere aspekt i et BIM-prosjekt. Nedenfor er de viktigste grunnene til å utnytte seg av åpen BIM beskrevet (buildingSMART, 2012).

- Åpen BIM støtter god og effektiv informasjonsflyt slik at prosjektmedlemmene kan delta og involveres uavhengig av hvilket programverktøy de benytter seg av.
- Åpen BIM skaper en felles terminologi for nye prosesser.
- Åpen BIM vil kunne lagre og utnytte prosjektdataen for hele prosjektet gjennom byggets livsløpsperspektiv og unngå unødvendig lagring av allerede eksisterende prosjektmateriale.
- Uavhengig av programleverandørens størrelse og rennømmé kan de delta og konkurrere på lik linje.

- Åpen BIM skaper en tilnærmet eksakt etterspørsel fra byggherre på hva som skal bygges, samtidig som tilbudene fra leverandørene kan tilføres direkte inn i BIM-modellen som produktdata.

Lukket BIM (også omtalt som proprietær BIM) kjennetegnes ved at informasjonen som utarbeides i modellen lagres i et lukket format som ikke kan deles med andre typer programvarer. En av grunnene til at flere enda ikke har tatt i bruk åpent BIM-format er risikoen for at informasjon skal gå tapt gjennom informasjonsutvekslingsfasen. For å benytte seg av lukkede BIM-format må man betale for bruken av programvaren gjennom lisenskode.

Som en oppsummering for dette kapitlet vil jeg gi en grafisk fremstilling av noen av de mest sentrale arbeidsprosessene i et byggeprosjekt, der figuren under sammenligner en tradisjonell 2D-prosess men en BIM-basert modellprosess. (AGC, 2012)

2D Based Process		Model Based Process
Linear, Phased	Design	Concurrent, Iterative
Paper 2D	Drawings	Digital 3D Object based tied to intelligent data
Evaluated over days in 2D	Value Engineering Alternatives	Evaluated in 3D instantly
Unclear Elevations	Site Planning	Relief Contours
Slow and Detailed	Code Review	Expedited and Automated
Light Tables	Design Validation	Clash Detection with Audit Trails
2D Drawings	Field Drawings	2D Drawings and Perspectives
Assembled near completion	Closeout Documents	Intelligent models for operations and maintenance instructions; Constantly updated during construction
Stand Alone Activities	Scheduling	Activities linked to Models
Limited Scenarios evaluated	Sequence Planning	Extensive Scenarios Evaluated earlier in the process
Paper Shop Drawings	Field Coordination	Overlaying Digital Models using collision detection software
Use manuals	Operation Training	Visual

Figur 146 Sammenligning av en tradisjonell 2D-prosess med en BIM-basert modellprosess i noen av byggeprosessens sentrale arbeidsprosesser (AGC, 2012).

## 5. Beskrivelse av dagens bygge- og anbudsprosess

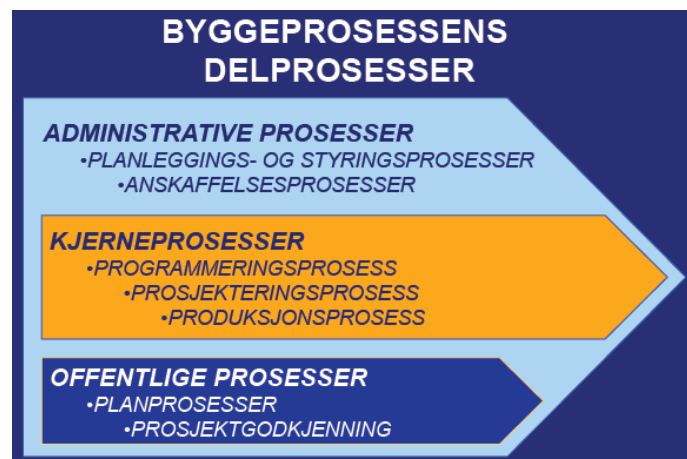
### 5.1 Beskrivelse av dagens byggeprosess

Dette delkapitlet tar for seg og beskriver dagens byggeprosess i et helt overordnet perspektiv. Meningen bak beskrivelsen er å få et helhetsbilde av gangen i en tradisjonell byggeprosess og hvilke element og arbeidspakker som befinner seg i byggeprosessens delprosesser og kjerneprosesser.

Byggeprosessen inkluderer alle prosesser som resulterer i eller er en forutsetning for det ferdige byggverket. Dette vil si at byggeprosessen som helhet dekker flere delprosesser underveis som samlet sett legger grunnlaget for det ferdige resultatet. De ulike delprosessene kan deles inn i planlegging, styring, anskaffelser, finansiering, utleie/salg, regulering, byggemelding med tilhørende godkjenning, programmering, prosjektering, produksjon, prefabrikasjon og montasje, innflytting og driftsfase. (Eikeland, 1999)

#### 5.1.1 Byggeprosessens delprosesser

Inndelingen av de ulike prosessene i en byggeprosess kan gjøres på flere måter og er avhengig av prosessenes omfang. Ligger fokuset på prosessens helhet med de samfunnsmessige verdiskapningene og kundens verdi i prosessen, vil det være riktig å skille mellom byggeprosessens kjerneprosesser og de administrative prosessene. Kjerneprosessene vil direkte være tilknyttet produktutviklingen og produksjonen av bygget, mens de administrative prosessene vil fungere som en overordnet styringsenhet for kjerneprosessene (Eikeland, 1999). En grafisk fremstilling av byggeprosessens delprosesser er vist nedenfor.



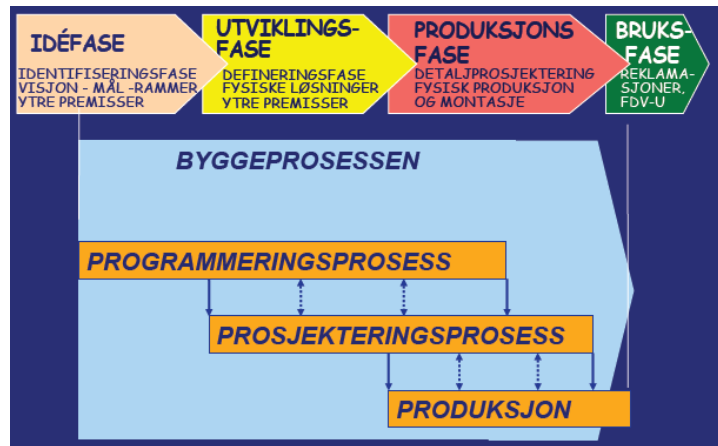
Figur 157 Byggeprosessens delprosesser (Eikeland, 1999).

#### 5.1.2 Byggeprosessens kjerneprosesser

Byggeprosessens kjerneprosesser innebærer de prosessene som direkte har tilknytning til byggeprosjektets resultat gjennom beskrivelser og produksjon. For å kunne gjennomføre produksjonsprosessen er det nødvendig å ha utarbeidet et arbeidsgrunnlag, i form av

beskrivelser og tegninger, som beskriver tekniske løsninger og generelle spesifikasjoner. Utarbeidelsen av disse bestemmelsene og utformingene er prosjekteringsprosessens hovedmål. Programmeringsprosessen legger grunnlaget for prosjekteringsprosessens utarbeidelse og har som mål å beskrive de krav bygget skal tilfredsstille knyttet til byggets drift. (Eikeland, 1999)

Byggeprosessens tre kjerneprosesser vises i figuren under.



Figur 168 Byggeprosessens kjerneprosesser (Eikeland, 1999).

### 5.1.3 Kjerneprosessenes mål og omfang

*Programmeringen* har som hovedmål å analysere og beskrive byggets krav, ytelser og funksjonalitet. Fasens hovedmål er å utarbeide et romprogram som til slutt skal ende opp i et byggeprogram. Byggeprogrammet baserer seg på funksjonsbeskrivelser og arealutforminger som er en beskrivelse av de ulike roms funksjoner og arealbehov. (Eikeland, 1999)

*Prosjekteringsprosessen* vil, på bakgrunn av bestemmelsene i programmeringsprosessen, videreutvikle prosjektet med tanke på byggets utforming og fysiske egenskaper (Eikeland, 1999). Prosessen deles i tre delprosesser der detaljeringsgraden i prosjektet øker med henholdsvis skisse-, for- og detaljprosjekteringen.

*Produksjonsprosessen* omfatter selve produksjonen av bygget med tilhørende produksjonsplanlegging, framdriftsoppfølging og kostnadsoppfølging (Eikeland, 1999).

Et viktig aspekt ved de ulike fasene er prosjektets usikkerhetsnivå og de tilknyttede akkumulerte kostnadene i prosjektet. Usikkerhetsnivået kan ses på som graden av ferdig definert bygg i prosessen og reduseres gjennom blant annet informasjonshenting, planlegging, prosjektering og beslutninger. I figuren under vises hvordan usikkerheten faller gjennom byggeprosessen og hvordan de akkumulerte kostnadene ses i sammenheng med usikkerhetsfallet i de ulike fasene av et prosjekt. Som oftest har bare ti til femten prosent av

de totale prosjektkostnadene påløpt frem til kontraktsinngåelsen før produksjonsprosessen. De resterende kostnadene påløper i gjennomføringsfasen. (Eikeland, 1999)



Figur 19 Usikkerhet og akkumulerte kostnader i byggeprosessen (Eikeland, 1999).

## 5.2 Anbudsprosessen

Denne delen av oppgaven tar for seg og beskriver anbudsprosessen i sin helhet, fra byggherrens utarbeidelse av anbudsgrunnlaget til anbudskonkurransen er gjennomført med en eventuell kontraktsinngåelse. Det finnes lite pensum å henvise til når det gjelder dette temaet, så i store trekk er denne delen basert på rapporten «Anbudsprosessen» av Fjelldal og Moe.

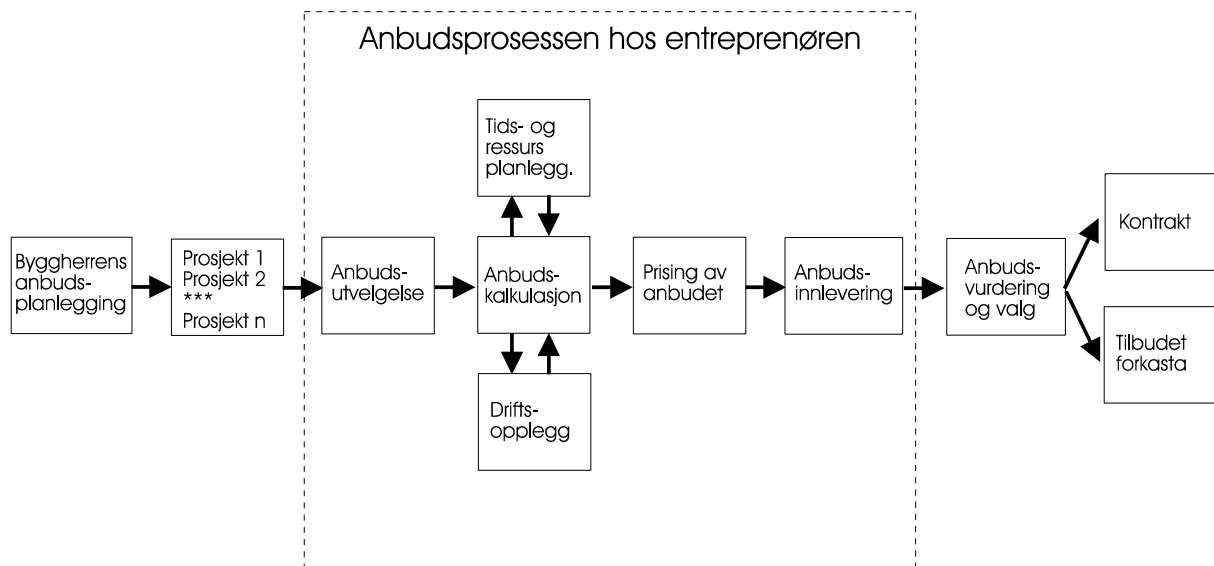
*«Anbud er et bindende skriftlig pristilbud på nærmere beskrevet byggeobjekt gitt etter spesielle regler angitt i Norsk Standard 3400. Anbud brukes i praksis ofte synonymt med tilbud. Den viktigste forskjellen er at ved anbud er det forbudt å føre forhandlinger med noen av anbyderne før kontrakt er inngått».* (Fjelldal & Moe, 2009)

Anbudsprosessen strekker seg fra en bedrift har mottatt og registrert anbudsinnbydelsen til en eventuell kontrakt er inngått. Som grunnlag i en anbudsinnbydelse ligger tegninger og beskrivelser av byggeprosjektet. Et anbud vil da fungere som en oversikt over all aktivitet i fremdriftsplanen som er knyttet opp mot produksjonen. (Fjelldal & Moe, 2009)

Anbudsprosessen deles inn, i følge Fjelldal og Moe, i 8 delfaser:

1. Registrering av anbudsinnbydelse.
2. Seleksjon (velges ut relevante anbud).
3. Estimering av kostnad (kalkulasjon av selvkost).
4. Tids- og ressursplanlegging.
5. Driftsplanlegging.
6. Prising av anbud (inkl. faste kostnader, påslag o.l.).
7. Innlevering av anbud.
8. Kontraktsforhandlinger med en eventuell kontraktsinngåelse.

I figuren under vises entreprenørens anbudsprosess. Her vil også byggherren innlemmes både i forkant og i slutten av prosessen ved en eventuell kontraktsinngåelse.



Figur 17 Entreprenørens anbudsprosess (Fjellidal & Moe, 2009).

### 5.2.1 Anbudsplanlegging hos byggherren

Byggherrens igangsettelse og utarbeiding av et anbud oppstår av et ønske om å få realisert eller konkretisert et eksisterende behov. I startfasen av anbudsplanleggingen må byggherren vurdere og evaluere om et prosjekt er realiserbart på bakgrunn av tilhørende muligheter og ressurser. Ulike aspekter som byggherren må ta hensyn til kan for eksempel være: (Fjellidal & Moe, 2009)

- Er prosjektet realiserbart i et teknisk perspektiv?
- Er de økonomiske ressursene tilstrekkelige?
- Finnes det muligheter for offentlige økonomiske bevilgninger til prosjektet?
- Er den faglige kunnskapen dekkende nok til å påta seg styringen i prosjektet?
- Hvordan er muligheten for å leie inn rådgivende eksperter på fagfelt der byggherrens kompetanse ikke strekker til?

For å kunne besvare spørsmål rundt det økonomiske aspektet tidlig i planleggingsfasen er det viktig å få etablert grove kostnadskalkyler i forprosjekteringen. Byggherrens prosjektering kan ofte bli langvarige og detaljerte prosesser i sammenheng med prosjektets størrelse og kompleksitet. Hvis byggherren ønsker å få klarlagt bestemte forhold i prosjektet er det vanlig å innhente konsulenter og rådgivere for videre kartlegging og utredninger. Dette kan for eksempel være utredninger knyttet til grunnforholdene på tomten i prosjektet. I slutfasen av



byggherrens anbudsplanlegging må han planlegge og utarbeide de siste dokumentene samt detaljere beskrivelsene som skal legges ved i anbudsunderlaget. (Fjelldal & Moe, 2009)

### 5.2.2 Anbudsutvelgelse

Å regne tilbud for en entreprenør er både et tid- og kostnadskrevende arbeid. Som regel taper man flere tilbudskonkurranser enn man vinner, der tapte tilbudskonkurranser påfører firmaet kun utgifter og ingen inntekter. Dette må dekkes opp av de inntektsgivende prosjekt i firmaet som de enten allerede har fått som oppdrag, eller som de vet de vil få i fremtiden. Prosessen med å velge ut de riktige prosjektene blir i denne sammenheng viktig der det bør foreligge en gjennomtenkt strategi for hvilke prosjekt det er lurt å satse på. Forhold som er gunstig å vurdere i denne situasjonen er todelt; markedssituasjonen og egen situasjon. (Fjelldal & Moe, 2009)

#### Markedssituasjonen

Bedriften må hele tiden holde seg oppdatert og følge med i markedssituasjonen og konkurransesituasjonen for å kunne velge ut de riktige prosjektene. Forhold som kontinuerlig må vurderes i denne prosessen kan være (Fjelldal & Moe, 2009):

1. Er prosjektet håndtert og planlagt på en profesjonell måte av byggherre og konsulenter?
2. Prosjektets potensial og risikoforhold.
3. Hvilken kontraktstype er gjeldende?
4. Er byggherres omdømme tilfredsstillende?
5. Byggherres betalingsevne.
6. Hvordan er konkurransesituasjonen og prisnivået for denne type prosjekt?
7. Informasjon om konkurrentene.

#### Egen situasjon

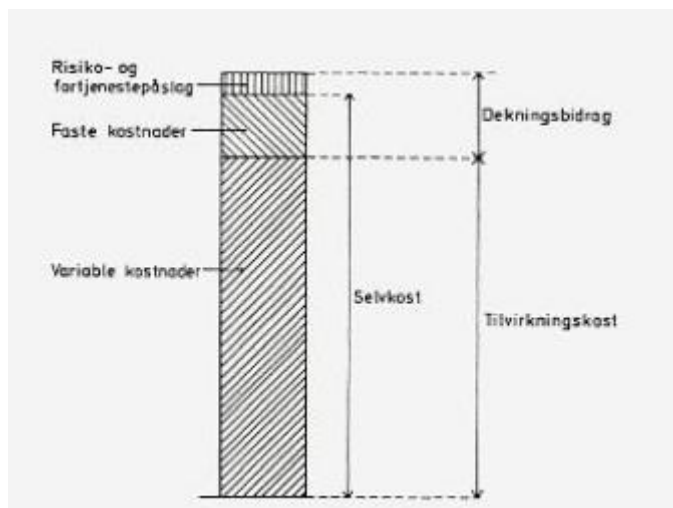
Entreprenøren bør også internt vurdere sin egen situasjon angående anbudsutvelgelsen. Som sagt er det viktig å ha en strategisk plan for dette slik at bedriftens tap av tapte tilbud minimeres. Forhold tilknyttet egen situasjon som bør vurderes er (Fjelldal & Moe, 2009):

1. Firmaets ønsker om å øke ordreserven.
2. Om bedriften besitter tekniske og utstyrmessige ressurser for å ta jobben.
3. Om firmaet har kapasitet til å gjennomføre en god kalkyle i forhold til tiden som er til disposisjon.
4. Ønske om å markere seg og følge med i markedet.
5. Om prosjektet passer godt inn i bedriftens planlagte strategi.

### 5.2.3 Anbudskalkulasjon

Målet med anbudskalkulasjonen er å beregne bedriftens selvkost for prosjektet. Selvkosten er et begrep som omfatter både faste- og variable kostnader i et prosjekt. For en entreprenørbedrift vil de variable kostnadene ha et mye større omfang i forhold til de faste kostnadene, da variable kostnader varierer med produksjonsmengden. Fordi de variable kostnadene er dominerende vil en bedrift være svært prisfølsom og feilestimering av pris kan gi store avvik, både som fortjeneste eller tap. De variable kostnadene strekker seg til mellom 80 og 90 prosent av totalkostnaden i et prosjekt. (Holm, 1990)

Ved endelig fastsettelse av pris i anbudet regnes både påslag og risikopremie inn i prisen. Dette påslaget skal være med å reflektere bedriftens konkurransesituasjon og policy og beregnes ofte sammen med påslaget for de faste kostnadene. Det samlede påslaget utgjør bedriftens dekningsbidrag i prosjektet og varierer mellom 10 til 20 prosent i et tradisjonelt byggeprosjekt. (Holm, 1990)



Figur 21 Illustrasjon av dekningsbidraget i et prosjekt (Holm, 1990).

### Trinnvis kalkulasjon

Den grunnleggende idéen med trinnvis kalkulasjon er å ta utgangspunkt i et generelt nivå, for så å detaljere kalkylen trinnvis. Trinnvis kalkulasjon fungerer ikke som en kalkylemetode, men heller en teknikk for å behandle kostnadsdata i et prosjekt. Metoden baserer seg på teorien om at økt detaljeringsgrad ikke nødvendigvis gir økt pålitelighetsgrad i forbindelse med beregningsresultatene. Dette har blitt mer og mer gjeldende i dagens dynamiske samfunn når det gjelder usikkerhet tilknyttet lønns- og prisstigning, nye materialer, produksjonsmetoder, organisasjonsmodeller etc. (Holm, 1990)

Prinsippet med trinnvis kalkulasjon er at den budsjetterte totalkostnaden for et prosjekt er avhengig av såkalte «nøkkelposter». I den forbindelse hevdes det at 20 prosent av alle

anbudspostene utgjør 80 prosent av entreprisekostnadene i et prosjekt. Trinnvis kalkulasjon vil dermed rette sitt fokus på nøkkelpostene og at det nedprioriteres gjennomgåelse og detaljering rundt de øvrige postene. (Holm, 1990)

#### 5.2.4 Kalkyletyper

I et økonomisk perspektiv finnes det ikke et definert skille mellom kalkyle og analyse. Likevel går kalkulasjon i hovedsak ut på å kunne estimere hva et bygg vil koste, eventuelt hva det har kostet å bygge det. Analysen av et byggeprosjekt ser mer på hvordan kostandene har fordelt seg og vurderer avkasting og lønnsomhet i prosjektet. For å skape et standardisert grunnlag for kalkulasjon i byggebransjen er det utarbeidet et referansegrunnlag i form av standarder. De mest vanlige standardene i kalkulasjonssammenheng er: (Folkeuniversitetet, 2011)

- **NS 3420:** *Beskrivelsestekster for rigging og drift av byggeplass, for bygg og anlegg og for installasjoner.* Denne standarden er en av de aller viktigste innenfor bygg- og anleggsnæringen. Standarden brukes til å utarbeide beskrivelser og mengdelister i forbindelse med blant annet kalkulasjon av forespørsler. Standarden har etablert krav til materialer og utførelse. (Standard a), 2012)
- **NS 3451:** *Bygningsdelstabellen.* Standarden omfatter en inndeling i bygnings- og installasjonsdeler for klassifisering, systematisering og koding av informasjonen av de fysiske delene i bygningen (med tilhørende utvendige anlegg). (Standard b), 2012)
- **NS 3453:** *Spesifikasjon av kostnader i byggeprosjekt.* NS 3453 angir hvilke kostnader som skal inngå i et byggeprosjekt. Standarden er generell i betydning at den kan brukes i alle typer byggeprosjekt, og fungerer som et økonomisk hjelpemiddel i forhold til de rutiner som finnes i forbindelse med en byggeprosess. (Standard c), 2012)
- **NS 3940:** *Areal- og volumberegninger av bygninger.* Standarden definerer areal- og volumbegreper og fastsetter regler for måling. (Standard d), 2012)

Det eksisterer flere forskjellige kalkyletyper. Valget av hvilken kalkyletype man skal benytte er avhengig av kalkyleformålet. De tre hovedtypene for kalkyler deles opp følgende:

- Forhåndskalkyler
- Priskalkyler
- Etterkalkyler

**Forhåndskalkyler**

Forhåndskalkyler brukes i tidlig fase av et prosjekt og er et verktøy for å legge grunnlaget for budsjettering og finansiering av prosjektet. Nøyaktigheten i kalkylen bestemmes ut i fra hvor stort behov man har for å kjenne kostnadene av hver enkelt arbeidspakke. En forhåndskalkyle brukes for å kunne vurdere og evaluere flere alternativ før man fatter en endelig bestemmelse. (Holm, 1990)

**Priskalkyler**

Priskalkyler danner grunnlaget for en endelig kontrakt og er dermed svært detaljrik. Denne kalkyletypen brukes i forbindelse med kontrahering og er knyttet opp mot NS 3420. Formålet med denne kalkylen er å finne endelig pris, noe som setter krav til både kalkylemetode og kalkulatør. (Holm, 1990)

**Etterkalkyler**

For å skape et riktig bilde av de forbrukte kostnadene i et byggeprosjekt utføres etterkalkyler. Formålet med denne kalkyletypen er å tilbakeføre kostnadene fra prosjektet inn i regnskapsoppfølgingen slik at det kan kontrolleres gjennom byggetiden hvor de forskjellige kostnadene fordeler seg og hva som er de største kostnadsdriverne. (Holm, 1990)

**5.2.5 Metoder for kalkyle**

I dette underkapittelet skal det kort redegjøres for de viktigste kalkulasjonsmetodene som benyttes. En kalkulasjonsmetode kan beskrives etter hvilken metode som brukes for ønsket resultat og hvilke hjelpemidler som er tilknyttet prosessen. De tre kalkulasjonsmetodene som skal beskrives er; arealprismetoden, elementmetoden og detaljprismetoden.

**Arealprismetoden**

Arealprismetoden brukes ved å benytte seg av tidligere erfaringstall og kostnader på oppsatte bygg av lik karakter, type og kvalitet for å finne pris pr. arealenhet av for eksempel en veggtype eller en dekketype. Metoden er kun en metode for å gjøre grove overslagskalkyler og vil dermed ikke gi en detaljrik kunnskap om ulike poster i anbudskalkulasjonen. (Fjelldal & Moe, 2009)

**Elementmetoden**

Elementmetoden baserer seg på å finne enhetspriser på elementer i tegning- og beskrivelsesmaterialet i anbudet. Elementmetoden brukes veldig ofte i kalkulasjonssammenheng. Den er rask, bygger på erfaringer og gir som regel et riktig resultat. I denne metoden sees det på et helt element som en enhet, noe som gir dårlig grunnlag for å vite hva som ligger innbakt i enheten av forskjellige komponenter. Dette gir dårligere kontroll på hvilke enheter som inngår i hvert element og forutsetter da at man vet hvilke

delelementer prisen inneholder. I flere tilfeller er det andre aktører som gir data og informasjon om enhetspriser på kjente konstruksjoner i form av databaser og kalkulasjonshåndbøker. Det er da viktig at det fremgår hvilke enheter som inngår og hvilke mengder, hjelpemateriell og øvrige rammevilkår som er inkludert. (Fjelldal & Moe, 2009)

### Detaljprismetoden

Detaljprismetoden er produksjonsrettet og faller sammen med anbudskalkylen. Metoden er basert på pristall for material- og arbeidskraftforbruk med referanse til blant annet produksjonsmetoder og –utstyr. Elementene som inngår i denne kalkylen er hentet som enheter fra NS3420 og NS 3421. Denne metoden blir ofte betegnet som entreprenørens metode fordi den gir et grundig og gjennomarbeidet prisgrunnlag. Metoden vil være mindre bra tidlig i prosjekteringsfasen fordi den er tidkrevende, gir liten oversikt og stiller store krav til kalkylegrunnlaget. (Fjelldal & Moe, 2009)

### Standard kontoplan

I utarbeidelsen av kalkylens oppsett kan man benytte seg av en standard kontoplan som er utviklet av Norsk Standard. Det finnes imidlertid flere standard kontoplaner som kan være aktuelle å bruke. I Norsk Standard sin standard kontoplan brukes en kombinasjon av NS 3451 «Bygningsdelstabellen» og NS 3453 «Spesifikasjon av kostnader i byggeprosjekt». Bruk av standard kontoplan letter arbeidet av kostnadsoppfølging under produksjonen og oppfølging av etterkalkylen. Den er også et nyttig hjelpemiddel ved sammenstilling av erfaringstall og relevante prosjekt. Kontoplanen er også en god sjekklister for kontroll av at alle kalkyleposter er inndratt. Kontoplanen kan også benyttes til å delegerer arbeid og ansvarsområder mellom ulike rådgivere i kalkylesammenheng. (Norconsult informasjonssystemer, 2010 )

Under vises en modifisert kontoplan på bakgrunn av NS 3451 og NS 3453 som har tatt utgangspunkt i kapitelet om «Byggøkonomi» i Norsk Prisbok.

Konto	Kontonavn	Eksempler på innhold i hvert kontonavn
1	Felleskostnader	Rigging, entrepriseadministrasjon
2	Bygning	Bæresystem, yttervegger, dekker
3	VVS	Sanitær, varme, luftbehandling
4	Elkraft	Høy-/lavspent forsyning, lys, el-varme
5	Installasjon av automatiserte komponenter	Integrert kommunikasjon, alarm og signal, lyd og bilde
6	Øvrige installasjoner	Person- og varetransport, sceneteknisk utstyr
1-6	Byggets kostnad (separat)	

<b>7</b>	Utendørs	Bearbeidet terreng, utendørs konstruksjoner
<b>1-7</b>	Entreprisekostnad	
<b>8</b>	Prosjektets generelle kostnader	Programmering, prosjektering, administrasjon
<b>1-8</b>	Byggekostnad	
<b>9</b>	Prosjektets spesielle kostnader	Inventar og utstyr, mva. inn/ut, salgskostnader
<b>1-9</b>	Prosjektets kostnad	
<b>RM</b>	Reserver og marginer	Reserver, marginer
<b>SUM</b>	Kostnadsramme	

Tabell 1: Standard kontoplan i henhold til NS 3451 og NS 3451.

### 5.2.6 Prising av anbudet

Forhåndskalkylen fungerer som en grov oversikt over budsjetterte kostnader i et prosjekt.

Ulike kostnadstyper vil påvirke kalkylen forskjellig, og det er derfor hensiktsmessig å dele de opp i faste kostnader, variable kostnader og påslag. Dette gir et bedre grunnlag for å se hva som er de største kostnadsdriverne.

#### Faste kostnader

En del av kostnadene tilknyttet et prosjekt kalles faste kostnader. Dette er kostnader som holder seg koststante uavhengig av produksjonen. Det vil i praksis si at de forblir de samme uansett om det er støpt 1m<sup>2</sup> dekke eller 1000m<sup>2</sup> dekke. Noen av de faste kostnadene kan likevel både regnes som faste og variable kostnader. Dette er for eksempel strøm som både vil gå til belysning for produksjonsarealer (faste kostnader), men samtidig er avhengig av mengde produksjon i forhold til strømforbruk tilknyttet maskiner for produksjon (variable kostnader). Eksempler på faste kostnader er følgende: (Fjelldal & Moe, 2009)

- Husleie, renhold, strøm, telefon og andre kontorrekvisita.
- Lønn for administrasjonspersonal.
- Bilkostnader.
- Verktøy og maskiner.
- Leiekostnader til lagerareal.
- Avskrivninger på maskiner og produksjonsutstyr.

#### Variable kostnader

Variable kostnader er direkte knyttet til produksjonsmengden i et prosjekt og er som sagt uten tvil den største kostnadsposten gjennom en prosjektperiode. Variable kostnader kan være: (Fjelldal & Moe, 2009)

- Materialkostnader.
- Lønn til ansatte i produksjonen.
- Sosiale utgifter (f.eks. feriepenger og arbeidsgiveravgift).
- Innkjøpte tjenester fra blant andre leverandører og underentreprenører.
- Byggeplassforsikring.
- Garantistillelse.
- Byggeledelse.

### 5.2.7 Anbudsinntilbud

Selve anbudskalkulasjonen kan sees på som ferdig når kalkylen og påslaget er bestemt. Det er da klart for overlevering av anbudet til byggherren. Det finnes derimot flere regler ved anbudsinntilbud i form av innholdet i anbudet og hvordan det skal presenteres. Kravene til et anbud bestemmes etter NS 3400: (Fjelldal & Moe, 2009)

- Anbudet skal være underskrevet og datert. Det skal leveres i en lukket konvolutt og være tydelig merket slik byggherre/tiltakshaver har bestemt.
- Anbudsbrevet skal inneholde et forpliktet anbudsbrev med tilhørende anbudssum, leveringstider, forbehold og eventuelle alternative anbud.
- Anbudspostene skal være fullstendig utfylt.
- Hvis byggherre ikke har gitt andre restriksjoner, er det tillatt å gi tilbud på alternative løsninger i tillegg eller i stedet for de løsninger som fremgår av anbudsgrunnlaget (opsjonsalternativ).

### 5.2.8 Byggherrens anbudsvurdering

Kort tid etter at anbudsinntilbudningen er avsluttet arrangerer byggherren anbudsåpning. Under anbudsåpningen føres det møteprotokoll der anbydernes anbudssum, navn og leveringstid dokumenteres. På dette tidspunktet vil de overnevnte punktene avsløres og gjøres kjent for alle deltakerne i anbudskonkurransen. Fra dette tidspunktet er også et anbud normalt gjeldende i 30 dager. Før anbudskonkurransen er avgjort er det ikke lov å praktisere forhandlinger mellom byggherre og anbydernes, men så fremt det ikke har betydning for konkurranseforholdet er det lovlig å innhente nærmere opplysninger for å avklare tvilstilfeller i anbudene. Byggherren vil så gjennomgå alle anbudene grundig for til slutt å velge ut en eventuell anbudsvinner. Ofte velges vinner ut på bakgrunn av anbudsprisen, men i noen tilfeller kan også andre faktorer spille en vesentlig rolle. Dette kan for eksempel være; kompetanse (faglig, teknisk og organisasjonsmessig), kapasitet, eventuelle forbehold, bedriftens økonomiske grunnlag og referanser fra tidligere prosjekt. (Fjelldal & Moe, 2009)

Et anbud er antatt og valgt ut når en av anbudsgiverne har fått beskjed om dette innen vedståelsesfristen (30 dager). De andre anbudene opphører da å være gjeldende, og byggherre har da et ansvar om å informere de andre anbudsgiverne så snart valget er tatt. Også om byggherren velger å forkaste alle anbudene har han et ansvar om å videreformidle dette så snart avgjørelsen er et faktum. Byggherrens anbudsvurdering avsluttes normalt med å inngå kontrakt med en av anbudsgiverne. (Fjelldal & Moe, 2009)



## 6. Anbuds- og kalkulasjonsprosessen i MajaTeknobygg

Denne delen av oppgaven har tatt utgangspunkt i intervju med kalkulasjonssjef Kjell Svendsen i MajaTeknobygg og har som formål å beskrive bedriftens anbuds- og kalkulasjonsprosessen. I tillegg er mengdeberegningsprosessen i bedriften beskrevet der innholdet er basert på eget kalkulasjonsarbeid i bedriften. Intervjuet ble utført på bakgrunn av en intervjuguide som ligger som vedlegg C i oppgaven.

### 6.1 Anbudsfasens oppstartsprosess

I anbudsprosessens oppstartsfase blir det gjort vurderinger om bedriften skal være med å gi tilbud på prosjektet og om de har kapasitet til å utføre det på den tiden det tar når det kommer til utførelse. Samtidig må bedriften være sikre på at de er konkurransedyktige på den type prosjekt det er snakk om. Om de vurderer seg konkurransedyktige på et bestemt prosjekt eller ikke avgjøres på grunnlag av hvilken type prosjekt som er opp til vurdering. Er det snakk om et eneboligprosjekt blir dette annerledes i motsetning til større og mer komplekse bygg. Samtidig har ulike entreprenører forskjellige styrker når det kommer til utførelse. Oppsummert vil bedriftens konkurransekraft, kapasitet og prosjektets kompleksitet være avgjørende for om man skal gå videre med et prosjekt.

### 6.2 Intern organisering i prosjektet

Når det er valgt å gå videre med et prosjekt etableres det en gruppe som skal ta fatt på anbudsmaterialet. Innad i gruppen blir det bestemt hvilke arbeidspakker hver enkelt har ansvar for. Deretter starter jobben med å få oversikten over underlaget og mengdene i prosjektet. Når det er snakk om totalentrepriser har bedriften ofte med seg rådgivere på utvalgte fag. Dette gjelder spesielt RIB-fagene som inkluderer bæresystem og fundamentering, men også spesialkompetanse innen geoteknikk, brann og miljø. Dette er alltid avhengig av hvor godt underlaget fra byggherren er i de ulike prosjektene. Tekniske fag blir vanligvis kontrahert i totalentrepriser. Om MajaTeknobygg går eksklusivt eller bredt ut i markedet varierer fra prosjekt til prosjekt. Går de eksklusivt ut i markedet har de bestemte samarbeidspartnere de ønsker å tilknytte seg og som de har gode erfaringer med. De tekniske fagene vil da fungere som en totalunderentreprenør som helt og holdent har ansvar for hele leveransen av de tekniske løsningene i prosjektet. Bedriften prøver også å etablere såkalte «back to back-avtaler» som innebærer at totalunderentreprenørene opererer med samme regime mot MajaTeknobygg som MajaTeknobygg har mot byggherren. Hvis totalunderentreprenøren fronter et forslag til MajaTeknobygg (for eksempel et krav til endring), må dette tas videre til byggherren for en avgjørelse. Gir byggherren avslag på kravet vil også totalunderentreprenøren oppleve det samme. Med dette fraskriver MajaTeknobygg seg risikoen for å ende opp med å betale for slike krav.

Når bedriften har kommet så langt at de har fått en oversikt over mengdene i prosjektet går de ut i markedet for å innhente priser på de forskjellige arbeidspakkene. MajaTeknobygg utfører

stort sett kun betongarbeid, men også grunnarbeid har blitt en del av bedriftens egen leveranse den siste tiden. Resten av tjenestene må innhentes på markedet.

### 6.3 Bruk av ulike kalkulasjonsmetoder

I tidligfasen av et prosjekt brukes ofte arealprismetoden for å få oversikt over prosjektets størrelse og omfang. Her benyttes tidligfaseverktøyet ISY Calcus. Bedriften kan også benytte seg av arealpriser basert på erfaringstall. Et eksempel på dette kan være erfaringstall vedrørende gjennomsnittlig kvadratmeterpris på bolig i MajaTeknobyggs operative område. I slike tilfeller kan disse tallene benyttes for å skape oversikt i tidligfasen av et prosjekt. Det har også blitt inngått kontrakter i bedriften på bakgrunn av erfaringstall og tidligfasekalkyler, men dette krever i ettertid en vesentlig innsats for å få produsert et solid budsjett som kan brukes i oppfølgingen av produksjonsfasen. ISY Calcus fungerer på sin måte mer detaljert enn kun arealbetraktninger. I Calcus legges det inn mange parametere og med det oppnås en relativt detaljert kalkyle på et tidlig stadie. Etersom prosjektet utvikler seg og informasjonen berikes i prosjektet etablerer MajaTeknobygg egne ressurskalkyler i ByggOffice. Her vil detaljprismetoden være den gjeldende kalkulasjonsmetoden. Dette er et kalkyleprogram som opererer etter «bottom-up-prinsippet» der elementenes oppbygning med tilhørende underposter utarbeides av kalkulatørene fra bunnen av og som medfører at usikkerheten i kalkylen holdes på et relativt kontrollert og respektabelt nivå. Når prosjektet er inne i detaljkalkulasjonen vil dette fungere som en metode for et grundig og gjennomarbeidet prisgrunnlag der prisene baserer seg på NS3420 eller NS3421. Enhetspriskalkylen er den kalkylen bedriften etablerer til slutt. Dette fordi det er den kalkylen bedriften bruker når de skal følge opp prosjektet i produksjonsfasen. Da er de avhengige av å ha priser og timer tilgjengelig for å kunne følge opp prosjektet på bakgrunn av det som tidligere er kalkulert.

### 6.4 Utregning av påslaget i kalkylen

Påslaget skal dekke overheadkostnader som bedriften har. Dette er et prosentpåslag som vanligvis ligger på 3 til 5 prosent i bransjen. Overheadkostnader kan sammenlignes med faste kostnader som ikke varierer med produksjonsvolum, salgsvolum, antall arbeidstimer, eller lignende variabler som påvirker variable kostnader. I tillegg skal det dekke fortjenesten i prosjektet. Ofte legges risikoen i prosjektet inn i påslaget. Dette avhenger alltid på valg av entreprisform og risikoen legges som regel inn som en rundsum i kalkylen. I en hektisk slutfase av et prosjekt legges det ofte inn kostnader for glemte arbeidspakker i prosjektet. Disse legges også inn som rundsumposter. I tillegg når bedriften bestemmer påslaget er de inne og vurderer markedet. Dette innebærer å se på hva markedet er villig til å gi for en bestemt type prosjekt. Dette er avhengig av situasjonen i markedet, hvor stor aktivitet entreprenøren har på det gitte tidspunktet og hvor interessant en slik jobb vil være for bedriften. I forhold til påslaget er ledelsen med å bestemme størrelsen på den endelige summen.

## 6.5 Kalkylens usikkerhet

Det som alltid oppleves som den mest usikre faktoren i en kalkyle for et prosjekt er timeverkene knyttet til de ulike arbeidspakkene. Ofte sammenlignes oppsatte tall tilknyttet arbeidspakkene i en aktuell kalkyle mot tidligere prosjekttall som kan relateres til de samme jobbene. Hvis det oppleves at eksempelvis betongarbeidet i tidligere prosjekt ligger på et høyere timeverksnivå må enhetsprisene i den aktuelle kalkylen justeres mot dette. Ofte gjøres det også analyser med tanke på årsaker bak et høyere timeverk der spesielle forhold kan ha inntruffet og vært medvirkende til høyere enhetspriser på timeverkene. Slik informasjon foreligger som regel i en sluttrapport for hvert enkelt prosjekt. I forhold til materialprisene er de mer standardiserte der de kun er avhengig av at mengdeberegningen er gjort mest mulig korrekt.

## 6.6 Risikoanalyse

Når det gjelder bruk av regningsarbeider er dette svært sjeldent benyttet da byggherren sitter med all risiko i prosjektet. Enhetspriskontrakter brukes fremdeles, spesielt i anleggsprosjekt. Denne type kontrakt brukes også en del i forbindelse med rehabiliteringsprosjekt der byggherren setter opp en detaljert beskrivelse som MajaTeknobygg kalkulerer og priser. I denne situasjonen sitter byggherren med risikoen for mengdene i prosjektet mens entreprenøren sitter med prisrisikoen. Dette medfører en vesentlig mindre risiko for entreprenøren i forhold til inngåelse av en totalentreprise. I en totalentreprise er det entreprenøren som sitter med all risiko med unntak av enkelte nye bestemmelser i NS8407 (ny kontraktstandard for totalentrepriser) som blant annet gjelder grunnforhold i et prosjekt. I en totalentreprise er det entreprenøren som sitter med ansvaret for alt av prosjekteringsarbeid i motsetning til en hovedentreprise hvor byggherren prosjekterer løsninger i prosjektet og entreprenøren utfører produksjonen av bygget.

## 6.7 Valg og bruk av ulike entrepriseformer

Markedet i dag er stort sett preget av totalentrepriser i de større prosjektene. Dette gjelder spesielt byggprosjektene, i motsetning til anleggsprosjekt der det fortsatt opereres med hovedentrepriser i større og mer komplekse prosjekt. Tidligere var det vanlig med hovedentrepriser også i byggprosjekt der byggherren sitter med større risiko i forhold til en totalentreprise. I en slik situasjon vil entreprenøren naturligvis lese beskrivelsen og avdekke eventuelle feil for å øke sin inntjening i prosjektet. Byggherren har på bakgrunn av dette, samt innsett at entreprenører er bedre i styringen av en prosjekteringsfase, gått over til å benytte seg av totalentrepriser i sine prosjekt. I forhold til når entrepriseformen velges i et prosjekt gjøres dette lenge før entreprenøren kommer inn i bildet.

## 6.8 Anbudsprosessens slutfase

I MajaTeknobygg gjennomføres det en sluttgjennomgang i anbudsprosessens slutfase. Her har de som har utarbeidet kalkylen for prosjektet ansvar for å gå igjennom og presentere

kalkylen relativt detaljert for ledelsen i bedriften. Innholdet i presentasjonen går blant annet ut på omfanget av prosjektet, kalkulerte timeverk, hvilke underentreprenører som er deltakende i prosjektet, hvilken risiko som foreligger og detaljeringsgrad i forespørslene av tilbudene som er innhentet. Etter at de overnevnte aspektene er avklart legges dette til grunnlag i utarbeidelsen av påslaget i prosjektet. I tillegg blir det utført en gjennomgang av driftsopplegget i prosjektet. Dette fordi posten for rigg og drift utgjør en vesentlig sum i kalkylen og gjennomsnittlig ligger i størrelsesorden 12 til 15 prosent av et byggprosjekt i nærområdet.

I anbudet har byggherren utarbeidet en ønskeliste på hva han vil ha med. Dette innebærer en god del myke parametere der han krever informasjon vedrørende økonomiske tall, HMS-system (helse, miljø og sikkerhetssystem) og KS-system (kvalitetssikringssystem) som vil komplettere anbudsinnleveringen sammen med de rene tallene fra kalkylen. I en hektisk slutfase er den viktigste oppgaven å få sydd sammen hele anbudet til en komplett anbudsinnlevering.

### **6.9 Kalkylen som prosjektredskap i produksjonsfasen**

Ledelsen av produksjonen overtar ansvaret for kalkylen når produksjonsfasen igangsettes, også med tanke på endringer i prosjekteringsmaterialet og endringer i utførelsen på byggeplass slik at kalkylen kontinuerlig er oppdatert. På bakgrunn av den oppdaterte kalkylen måles ferdiggraden i prosjektet en gang hver måned. Ferdiggraden legges så inn i kalkyleprogrammet for å kvantifisere hva prosjektet teoretisk skal ha kostet ved det aktuelle tidspunktet. Målingen av ferdiggraden brukes ikke direkte opp mot fremdriftsplanen for prosjektet, men det gjøres hele tiden opp status på hvordan man ligger an i forhold til fremdriftsplanen. Når man i etterkant finner ut hvor mye ressurser som teoretisk skal ha medgått med tanke på timeverk og kostnader sammenlignes dette med virkelige tall fra produksjonen. For å kontinuerlig opparbeide seg et godt bilde av medgåtte ressurser sammenlignet med kalkylens informasjon er dette et viktig arbeid å gjennomføre i produksjonsfasen.

### **6.10 Dagens mengdeberegningsprosess i MajaTeknobygg**

Dagens mengdeberegningsprosess i MajaTeknobygg fungerer hovedsakelig på to ulike måter. Grunnlaget for å hente ut mengder baserer seg på 2D-tegninger og foregår ved å innhente geometriske mål fra PDF- og DWG-tegninger. Kvaliteten og informasjonen fra tegningene varierer som regel etter hvilken fase man befinner seg i prosjektet. Eksempelvis vil tegninger produsert i skisseprosjekteringen naturlig nok være mer ufullstendig enn tegninger produsert i detaljprosjekteringen. Uthenting av mengder baserer seg på et manuelt uttak der det enten brukes mengdeberegningsbord eller et program med navn Geometra.

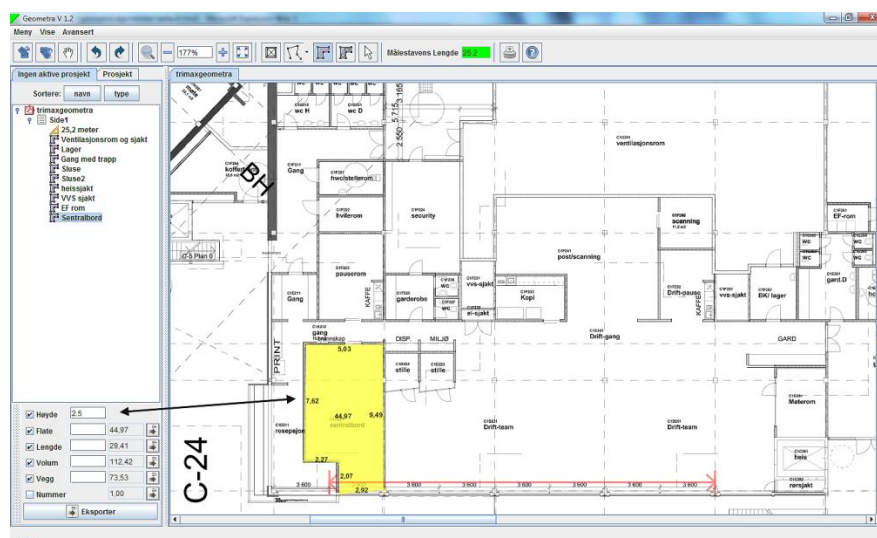
Bruk av mengdeberegningsbord er en av måtene å innhente mengder fra et prosjekt. Mengdeberegningsverktøyet utnyttes ved å bruke en digital penn/mus der man måler

avstander på 2D-tegningene basert på en bestemt målestokk. Man vil ved bruk av dette verktøyet få en grafisk fremstilling på PC over det man har målt opp av arealer, lengder, høyder osv. Mengdene hentes ut på bakgrunn av beskrivelsene gjort i bedriftens kalkyleprogram. Nedenfor ser man hvordan dette gjøres i praksis.



**Figur 182** Praksis ved mengdeberegningbord i MajaTeknobygg.

Geometra er et webbasert verktøy til å måle mengder på PDF-tegninger. Man slipper bruk av både reduksjonsstav, kalkulator og linjal, der Geometra opererer med samme prinsipp som et mengdeberegningbord. Forskjellen er at alle arbeidsoppgaver (beregning av flater, lengder, høyder etc.) foregår direkte på datamaskin. PDF-tegningene importeres fra tegningsdatabasen tilknyttet det aktuelle prosjektet og beregning av mengder kan begynne. Når alle mengder er hentet inn, fordelt på ulike poster, kan data eksporteres til et regneark i Excel. Dette programmet gjør prosessen mer nøyaktig i forhold til et mengdeberegningbord fordi man klarer å holde oversikten over innhentede mengder på en helt annen måte (TriMax AS, 2012).



**Figur 193** Mengdeberegning i Geometra.

Mengdeberegningsprosessen er en av de prosessene som har størst potensial til forbedring ved implementering av openBIM. Ofte må hele prosjektet kalkuleres opptil sju ganger før det fattes endelige mengdelister. Dette fordi prosjekteringsgruppa utarbeider og utvikler nye løsninger i prosjektet som medfølger endringer i prosjektets mengder. Ved å skape en tilnærmet automatisk mengdeberegningsprosess vil dette frigjøre mye tid og ressurser hos kalkulatørene og vil resultere i større muligheter for å kjøre flere kalkulasjonsprosesser parallelt.

## 7. Implementering av BIM endrer dagens kalkulasjonsprosess

En stor fordel med BIM-kalkulasjon er mulighetene til å kunne høste gode og nøyaktige mengder til kalkulasjon av modellen. Som regel er kalkulasjonsprosessens første steg å få kontroll over mengdene i et prosjekt. Dette arbeidet kan spare kalkulatørene for en kjedsommelig prosess ved et manuelt mengdeuttak og kan heller tilbringe sin tid på flere parallelle kalkulasjonsprosesser av flere prosjekt.

Kalkulatørens teknologiske hjelpemidler har gjennom historien utviklet seg fra kun bruk av målestav og linjal, via mengdeberegningsbord og mengdeuttak fra 2D-tegninger i dataprogram til mengdeberegninger fra en BIM. Noe som derimot aldri vil endre seg er behovet for kalkulatorer i en kalkulasjonsprosess som kan ta hånd om og strukturere informasjonen som ligger tilgjengelig i en BIM til å utvikle et godt anbud.

Estimering av kostnader og mengdeberegning av et prosjekt er knyttet til 5D-delen av en BIM-prosess. Det vil si en 3D-modell, en tilhørende fremdriftsplan (4D) som også tilknytter seg kostnadsaspektet i et prosjekt (5D). Her vil 5D-delen av prosjektet utgjøre den mest komplekse delen fordi den både er linket til 3D- og 4D-biten i en BIM da den baserer seg på informasjon fra begge modellene. (McCuen, 2010)

Mange kalkulatorer setter enda ikke sin lit til informasjonen i form av kvantifisering og estimerte verdier som ligger tilgjengelig i en BIM. Som en årsak-virkning har dette medført at etterspørselen etter programvarer for kalkulasjon og mengdeberegning har uteblitt og ført til at utviklingen av den type programvare har stagnert. En undersøkelse gjort i 2008 av McGraw-Hill viste at kun 40 prosent av programvareutviklerne av BIM tilknyttet kostandsestimeringsverktøy til modellen. (Mc-Graw-Hill Construction, 2008)

I 2009, utført av samme gruppe, ble verktøy for mengdeberegning og et estimat for kostnad av bygget implementert, men det ble enda ikke sett på som en av de mest verdifulle aspektene ved bruk av BIM. I de siste par årene har profesjonelle kalkulatorer sett på mengdeberegning og kostnadsestimat som et verdiøkende moment for ethvert prosjekt. Dette setter imidlertid krav til de som utformer modellen for prosjektet ved å gjøre den praktisk talt til en komplett fremstilling av bygget slik at totalkostnaden i prosjektet kan avdekkes så tidlig som mulig. Det er funnet fire ulike hovedgrunner til at kalkulasjon og mengdeberegning ikke har blitt sett på som en sentral verdiøkende prosess i en BIM: (McCuen, 2010)

- Mangel på interoperabilitet mellom programvareproduktene.
- Byggherrene i ulike prosjekt anser ikke dette som et nødvendig aspekt i en BIM.
- Uklarheter om definering av roller og ansvar.
- Mangel på standarder for informasjonsutveksling.

Overordnet sett vil ikke de tekniske ferdighetene ved en BIM-basert kalkulasjonsprosess være annerledes enn ved en tradisjonell prosess, men kalkulatørens rolle vil bli endret i sammenheng med en nyetablert BIM-prosess. (McCuen, 2010)

### 7.1 Endret kalkulasjonsprosess med BIM

Evnen til å kunne kalkulere og beregne er den mest nødvendige ferdigheten en entreprenør bør besitte. Kalkulasjon er en prosess som både involverer datatekniske ferdigheter, men også evnen til problemløsning når det gjelder å lage pålitelige og detaljerte kalkyler som kvantifiserer ulike materialer, arbeidskraft og utstyrskrav med deres tilhørende kostnader. En BIM-basert kalkulasjonsprosess vil gi kalkulatørene, gjennom å visualisere reelle forhold i en virtuell 3D-konstruksjon av et bygg, hjelp til å tilbringe mesteparten av tiden sin til å validere mengder og kostnader som finnes innenfor deres estimater snarere enn bare å lage anslaget. (Sylvester & Dietrich, 2010)

Sylvester og Dietrich har i sin rapport kommet frem til 3 avgjørende faktorer som avgjør nøyaktigheten i kalkulasjonsarbeidet av en BIM-kalkyle:

1. Detaljene i BIM-modellen.
2. Kalkulatørens forståelse av BIM-modellens objekter.
3. På hvilken måte objektene er representert i kostnadsdatabaser og objektbibliotek.

Det eksisterer flere måter å utføre estimater på gjennom prosjektperioden. Dette spenner seg fra å være et overslagsestimert gjort i tidligfasen til detaljerte og presise kalkyler mot slutten av prosjekteringsfasen. En BIM-basert kalkulasjonsprosess består i å integrere objektene og deres tilhørende attributter fra arkitektens BIM-modell inn i entreprenørens kostnadsdatabase som inneholder prisinformasjon til hvert enkelt objekt eller delobjekt. (Sattineni & Bradford, 2012)

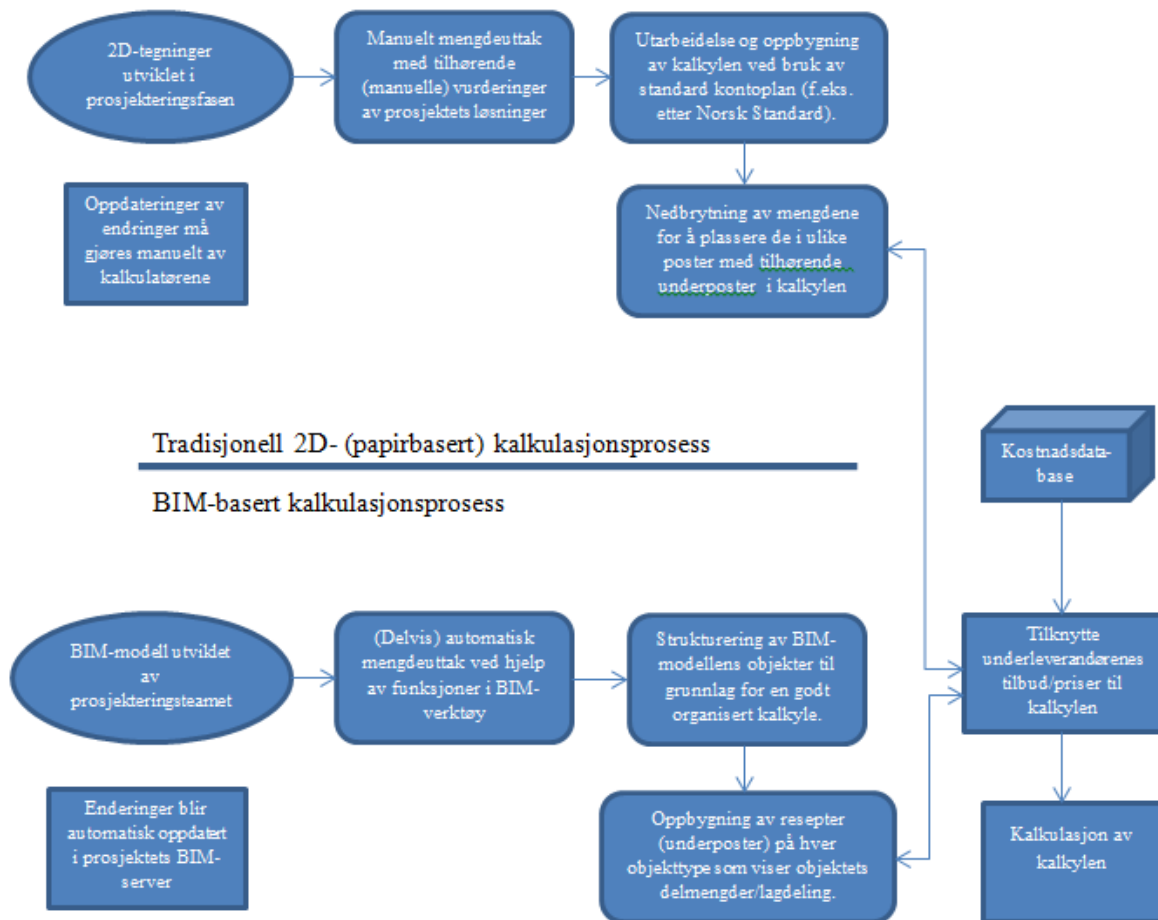
Gjennom hele prosjekteringsfasen er det viktig for entreprenøren å kontinuerlig ha oversikt over gjeldende, oppdaterte kostnader i prosjektet. Hvis prosjektet ender med en total kostnad over budsjett etter at prosjekteringen er unnagjort er det hovedsakelig to måter å håndtere dette på; kansellere hele prosjektet eller gå inn å kutte på kostnadene som også vil medføre kvalitetstap i prosjektet. Ettersom prosjekteringen forløper vil kontinuerlige oppdaterte estimat for kostnadene i prosjektet hjelpe til å identifisere utfordringer i en tidlig fase slik at de prosjekterende har tilstrekkelig med tid til å evaluere alternative løsninger i prosjektet. En slik prosess vil tillate både byggherren og de prosjekterende å ta gjennomtenkte beslutninger som resulterer i bedre kvalitet og samtidig holder seg innenfor de etablerte kostnadsrammene. (Eastman, 2008)



I tidlig fase av prosjekteringen vil kun mengder som er tilknyttet arealer og volumer være tilgjengelige. Dette kan for eksempel være utvalgte romobjekt eller flatearealer i bygget. Disse mengdene kan være tilstrekkelig for en parametrisk estimering, som er kalkulasjon basert på større bygningsparametere. Parametere som blir brukt i dette tilfellet avhenger av byggets utforming. Dette kan eksempelvis være antall parkeringsplasser i en eventuell parkeringsgarasje, størrelsen på hver arealdel i ulike soner i bygget, materialkvalitet eller byggets lokasjon. Dessverre vil noen av disse parameterne ikke kunne foreligge i tidligfaseprogram (eks. SketchUp), fordi de ikke har mulighet til å definere objekttyper slik BIM-programvare tillater. På grunn av dette er det viktig i en tidlig fase av prosjekteringen å få modellen og modelleringsmaterialet inn i en programvare for BIM som har mulighet for å kjøre mengdeberegninger og etablere gode kostnadsestimat. (Eastman, 2008)

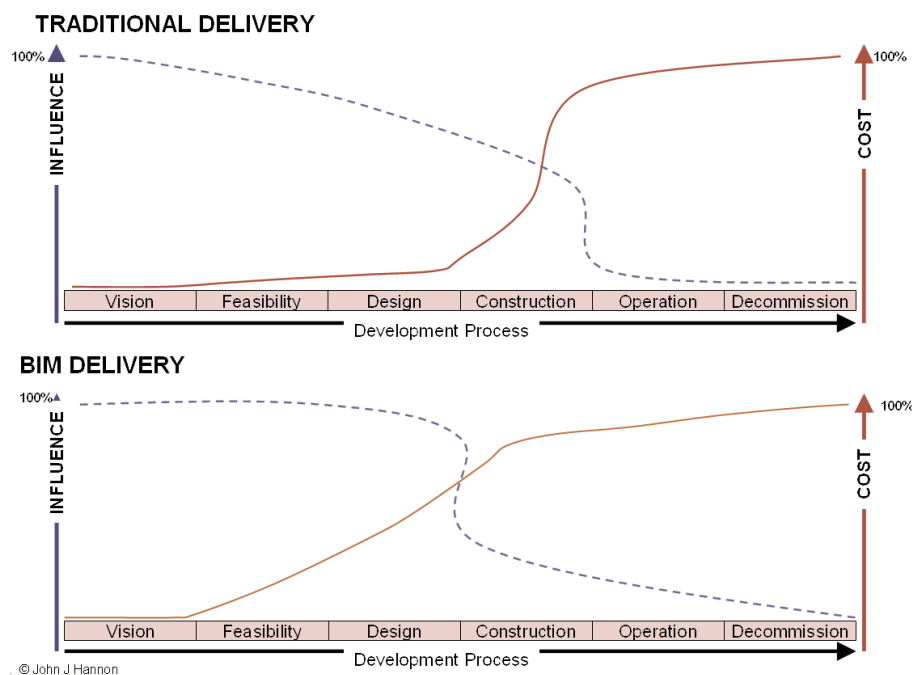
Ettersom ferdiggraden av prosjekteringen utvikler seg er det mulig å raskt uthente mer detaljerte romlige og materielle mengder direkte fra BIM'en. De aller fleste BIM-verktøy har mulighet til å hente ut mengder av objekter, arealer og romvolumer og samtidig knytte tilhørende arbeidspakker inn i en fremdriftsplan. Disse mengdene vil være mer enn tilstrekkelig for å kunne produsere gode overslagsestimater. Når entreprenørens detaljeringsgrad av kalkylen skal økes kan man ofte støte på et problem når objektene ikke er riktig og godt nok definert. Dette kan komme til utslag når for eksempel BIM-modellen viser mengden av betong for et fundament, men mangler tilhørende mengde av armering innstøpt i betongen. Et annet eksempel kan være at en vegg er for grovt modellert og mangler en detaljert lagdeling som viser ulike sjikt i veggen. (Eastman, 2008)

Under er det utarbeidet en modell som viser hvordan en BIM-basert kalkulasjonsprosess i praksis kan se ut. Figuren er modifisert og tatt utgangspunkt i Eastman sin figur «Conceptual diagram of a BIM quantity takeoff and estimating process». Figuren sammenligner for øvrig en BIM-basert kalkulasjonsprosess med en tradisjonell kalkulasjonsprosess.



Figur 204 Tradisjonell kalkulasjonsprosess sammenlignet med en BIM-basert kalkulasjonsprosess.

Med dagens kostnader tilknyttet modelleringen av en BIM samt at det vil påløpe ekstra kostnader i tidligfasen av et prosjekt, vil dette gi en økning av finansielle midler i forhold til en tradisjonell kalkulasjonsprosess. Case-studier har hittil vist at den tidlige kostnadsøkningen resulterer i lavere totale levetidskostnader gjennom byggets livssyklus. Dette går blant annet på besparelser med tanke på forsinkelser, endringsordre, krav etc. Av figuren utarbeidet i forbindelse med case nevnt ovenfor vil en BIM tilknyttet et prosjekt kreve en større informasjonsmengde tidligere i prosjektet. En BIM-prosess vil gi aktørene mer (og bedre) informasjon i en tidligere fase av en byggeprosess når det gjelder det totale kostnadsbildet og omfanget av bygget som helhet. Det vil også bli lettere å kunne samarbeide på tvers av ulike faggrupper og innad i hver faggruppe som vil resultere i færre byggefeil og -skader på et senere tidspunkt. (Hannon, 2007)



Figur 215 Akkumulerte kostnader og tilhørende informasjon ved et prosjekt med en tradisjonell prosess og med BIM (Hannon, 2007).

## 7.2 Kalkulasjonsprosessens organisering

Ved å bruke BIM i en kalkulasjonsprosess vil kalkulatorerne oppleve en stor tidsbesparelse når det isolert sett gjelder uthenting av mengder. Dette fordi når modellen mottas av kalkulatorerne vil den inneholde alle byggets objekter med tilhørende informasjon. I tradisjonelle kalkulasjonsprosesser utgjør mengdeberegning mellom 50-80 prosent av kalkulatorens tidsforbruk (Sabol, 2008). Det er imidlertid viktig å bemerke seg i denne sammenhengen at kun denne informasjonen ikke vil resultere i en automatisk og god nok kalkulasjonsprosess. Det vil fremdeles bli viktig å ha den grunnleggende kalkulasjonsforståelsen, der kjøp av ulike programvarer og applikasjoner ikke vil erstatte den kalkulatoriske jobben.

Kalkulasjonsprosessen i et prosjekt vil utarte seg mer komplisert enn kun en liste over modellens objekter og deres tilhørende informasjon og geometri. Dette innebærer at byggets design og geometri må analyseres, objektene må grupperes på en hensiktsmessig måte og objektene må tillegges priser. (Khemlani, 2006)

Videre i dette avsnittet er det sett nøyere på hvordan en kalkulasjonsprosess med BIM kan organiseres. Prosessen har tatt videre utgangspunkt i figur 24. Fortsatt er ikke BIM-kalkulasjon blitt en standardisert måte å utføre en kalkulasjonsprosess på og det vil med det eksistere mange muligheter å strukturere en slik prosess. Deler av dette avsnittet er basert på intervju med Torstein Fjelldal i Norconsult Informasjonssystemer AS (NOIS). I denne delen har jeg også begrenset meg til kun å beskrive BIM-leveranser fra arkitekter. Dette for å begrense kapitelets omfang.

Kalkulasjonsprosessen i et BIM-prosjekt vil tvilsomt komme opp på et nivå der alt ligger til rette for en helautomatisk prosess. I en slik prosess er det derfor viktig å implementere BIM-programmer som er fleksible nok til at en skal kunne gå inn i modellen å organisere og strukturere den på sin egen måte. Dette vil være en forutsetning for å oppnå en god kalkyle og en god beskrivelse for entreprenøren. Ved BIM-leveranser fra arkitekter er objektene ofte velmodellerte, men forekommer i stor grad som en usystematisk struktur der objektene organisering i deres modell ikke er oppbygd på en logisk måte i forhold til en kalkylestruktur. Modellene har imidlertid god sporbarhet slik at det gjør det mulig å organisere informasjonen mot sin egenvalgte struktur. (Fjelldal, 2012)

Innholdet i en BIM-leveranse fra arkitekt avhenger av flere faktorer. Disse kan blant andre være hvilke verktøy som er benyttet, arkitektens modelleringsferdigheter, krav fra byggherren om innhold i modellen osv. I flere tilfeller eksisterer det ikke krav fra byggherren når det gjelder krav til informasjon i en BIM fordi han ikke er i stand til å stille krav på grunn av manglende kompetanse. (Fjelldal, 2012)

Dette kan også skyldes at standardiserte kravspesifikasjoner opp mot en BIM-leveranse for byggherren fortsatt er relativt nytt.

Det viktigste for aktøren som mottar modellen er å orientere seg i den og få kontroll på den. Dette går hovedsakelig på hva som finnes i modellen og hvordan elementene er strukturert. Etter hvert blir det viktig for kalkulatøren å skape en sporbarhet i BIM-modellen. Sporbarheten går for eksempel på hvor veggene ligger i modellen å gruppere objektene slik at man skaper en form for helhet i modellen. Entreprenøren er ikke kun opptatt av å komme med en pris på et prosjekt, men skal få frem en god beskrivelse av bygget. Beskrivelsen bør i et BIM-prosjekt overgå standarden fra en tradisjonell byggeprosess med tanke på kvalitet. En tilhørende beskrivelse i et prosjekt er et aspekt man ikke vil komme foruten i en BIM-prosess. Dette fordi den gir en informasjonsrik og god oversikt over kalkylen.

På bakgrunn av figur 24 og intervju med Torstein Fjelldal er det utarbeidet et forslag til organisering av selve kalkulasjonsarbeidet med BIM. Prosessen er delt inn i tre delprosesser som beskriver arbeidet fra mottakelsen av en BIM fra arkitekt til ferdig utarbeidet kalkyle; organisering av modellen, oppbygning av resepter og selve kalkulasjonen av kalkylen.



**Figur 226 BIM-kalkulasjonens tre delprosesser.**

### 7.2.1 Organisering av modellen

Den første prosessen går ut på å få organisert modellen på en slik måte at man oppnår god kjennskap til modellens innhold. Det er viktig å få organisert objektene og tildele objektene relevant beskrivelse slik at de fremstår forståelig for den som skal kalkulere kalkylen. I dagens situasjon mottar som sagt entreprenøren i stor grad ustrukturerte BIM-modeller fra arkitekter (i forhold til en kalkyles oppbygning) og dette resulterer i flere dagers arbeidsprosess med strukturering av objektene. Likevel har objektene sine «tagger» slik at muligheten til å organisere informasjonen er fullt tilstede. En slik prosess er viktig i forhold til å opparbeide seg kunnskap og kjennskap til bygget og at man med det står bedre rustet til å gjennomføre prosjektet. Det er derfor viktig for entreprenøren å skape gode, tilhørende beskrivelser til objektene slik at man får identifisert alle fremgående objekt i modellen.

I en BIM foreligger det også muligheter til å selektere ut bestemte objekttyper. Dette gjør at kalkulatøren har mulighet til å få visualisert plasseringen og den strukturelle oppbygningen av hver objekttype med tilhørende informasjon om blant annet materialtype, geometri, farge, u-verdi og brannklasse som direkte kommer fra BIM'ens beskrivelse. (Khemlani , 2006)

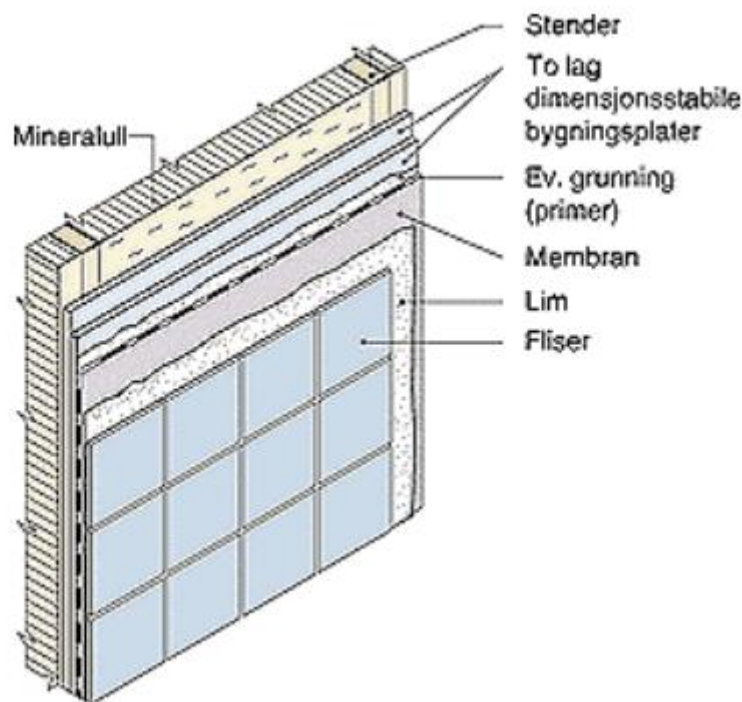
Under vises en figur der man får overblikk over alle innervegger som er plassert i første etasje i det modellerte bygget. Disse er markert med lilla skravur.



Figur 237 Selektering av bestemte objekttyper (Khemlani, 2006).

### 7.2.2 Oppbygning av resepter

Videre i kalkulasjonsprosessen må man bygge opp resepter på de ulike objektene i modellen. Dette vil gi kalkulatørene innsikt i hvordan lagdelingen i objektene fremgår. Lagdelingen i objektene kan forstås med hvordan for eksempel en våtromsvegg er bygd opp med stenderverk, dimensjonsstabile bygningsplater, grunning, membran, et limsjikt og fliser. Dette vises i figuren under samtidig som det bemerkes at figuren ikke er hentet fra en BIM. Figuren brukes kun for å visualisere hva som menes med et objekts lagdeling.



**Figur 248 Oppbygning/lagdeling av en våtromsvegg (Sintef Byggforsk, 2012).**

Kvaliteten på dette arbeidet er blant annet avhengig av arkitektens detaljeringsgrad i modellen og i hvilken fase prosjektet er inne i. I forhold til detaljering i modellen fra arkitekten har de ofte et bevisst valg i forhold til informasjonsmengde knyttet til hvert objekt i modellen. Dette fordi det kan være krevende å modellere mange lag i modellen, og det oppstår veldig mange forekomster av delmengder i objektene som krever stor arbeidsinnsats fra arkitektene og et stort internminne for datamaskinen. I den forbindelse kan man ikke pålegge ansvar til hva som er modellert i modellen, men heller ta ansvar selv ved å gå inn å se på innholdet i modellen med tanke på hva som er modellert. I denne prosessen er det viktig å legge den geografiske plasseringen av objektene i forhold til et aksesystem inn i reseptene. Dette skaper en bedre sporbarhet og gjør det lettere å finne fram til hvor de ulike bygningsdelene skal ligge i bygget. Reseptene som etter hvert bygges opp vil til slutt fungere som poster i BIM-kalkylen.

En av de største utfordringene når det gjelder praktisk bruk av BIM i en kalkulasjonsprosess er standardiseringen av objektbibliotek. Det finnes i skrivende stund mange leverandører som har utarbeidet objektbibliotek som er i bruk, men problemet kommer når de ulike bibliotekene representerer ulik oppbygning og struktur. Dette gjelder for eksempel hvordan objektbibliotekene blant annet behandler objekt-klassifisering, mengdeinformasjon og objekttegnegenskaper i forhold til for eksempel brann, lyd og energidata. Et standardisert objektbibliotek (IFD) bør bygge på tradisjonelle standarder (eksempelvis NS3420, NS3450, NS3451), men med tilhørende tilpasninger mot BIM-objekter. (Standard e), 2012)

### 7.2.3 Kalkulere kalkylen

Den tredje prosessen blir å kalkulere opp kalkylen. I denne fasen vil aktøren som kalkulerer prosjektet ikke være avhengig av å ha tilgang til modellen, slik som er uunnværlig i fase en og to. Kalkulatøren vil forhåpentligvis ha mottatt en god og presis beskrivelse slik at dette ikke blir nødvendig. Likevel kan kalkulatøren bruke modellen som en støttefunksjon i forhold til visualisering av hvor de ulike kalkyleobjektene er orientert i bygget.

På dette tidspunktet vil kalkylen inneholde alle objektmengder fra modellen og være klar for å innhente priser fra ulike leverandører. I denne prosessen er det viktig å få etablert et system som viser hvilke mengder og objekter som er prissatt og hvilke som ikke har fått tilknyttet pris. Dette hjelper kalkulatørene å holde kontinuerlig oversikt i prosessen med å innhente tilbud fra leverandørene.

## 7.3 Utfordringer i en BIM-basert kalkulasjonsprosess

Både teknologien og utviklet software ligger tilgjengelig for å kunne automatisere en mengdeberegning og en kostnadskalkyle. Problemet fremover vil ikke da ligge i tilgjengelig arbeidsverktøy, men heller i manglende utviklede prosedyrer og forretningsprosesser for en BIM-basert kalkulasjon. Dette vil kreve en stor innsats av de ansatte i en bedrift ved opplæring i software, finansielle midler til installasjon av arbeidsverktøy og kurs i bruken av programvarene. Ved å implementere BIM i en kalkulasjonsprosess er man også avhengige av å spille på lag med tilknyttede underleverandører som da må ha mulighet til å bruke og beherske BIM på et tilstrekkelig nivå, i tillegg få etablert egne objektbibliotek for sine vareleveranser som kan implementeres inn i modellen. (Kraus, 2007)

I en implementeringsprosess av BIM i kalkulasjonsprosessen vil det oppstå sentrale avklaringspunkt som er viktig å evaluere. Nedenfor er det listet opp fire fundamentale spørsmål som blir vesentlig å diskutere før igangsettelse av en BIM-kalkulasjon. (Sabol, 2008)

- Hvilken informasjon må inkluderes i BIM-modellen i hver fase av prosjektet?
- Når vil generiske objekter i modellen bli erstattet av mer detaljerte objekter?
- På hvilket tidspunkt skal kalkylen ferdigstilles og hvilken prisinformasjon er tilknyttet modellen fra kalkulatørene?
- Hvem har ansvaret for å sikre kvaliteten og kontrollere aktivitetene i kalkylen?

Bruk av BIM i alle faser av et byggeprosjekt krever åpne standarder for å kunne utveksle informasjon på tvers av ulike aktører. IFC har som mål å kunne tilfredsstille dette kravet, men uten et velfungerende IFC-format i et prosjekt vil ikke BIM ha noen verdi for entreprenøren. Dette fordi det da ikke foreligger et standardisert oppsett for en kartlegging av de ulike objektene i modellen og man blir med det nødt til å gjennomgå en manuell kalkulasjonsprosess. Et annet problem kan være at en bestemt aktør tilpasser sin BIM-modell til sitt eget bruk og at det da ikke foreligger nok informasjon til neste aktør som skal jobbe videre med modellen. Videre er de umodne programvarene som foreligger til bruk i kalkulasjon og mengdeberegning en utfordring. Med dette vil ikke BIM gi den merverdien inn i et prosjekt som det kan gjøre med et velfungerende programverktøy når det gjelder blant annet kostnadsreduksjon, kvalitetssikring og en tidsbesparende prosess. (Kraus, 2007)

Nøkkelen til en vellykket bruk av BIM-baserte kostnadskalkyler vil ligge i utviklingen av standardiserte prosesser og metoder i organisasjonen der bedriften må se på BIM som en investering for tids- og kostnadsbesparelser over tid.

#### 7.4 Kalkulatørenes rolle

I dette delkapitlet vil kalkulatørenes rolle ytterligere bli beskrevet. En god del av kalkulatørenes arbeidsoppgaver er allerede blitt omtalt i dette kapitlet, så noe av stoffet i denne delen vil fungere som et supplement til eksisterende beskrevet materiale.

Fremveksten i bransjen ved bruk av BIM vil endre kalkulatørenes hverdag og arbeidsoppgaver. Det settes større krav til kalkulatører i forhold til kunnskap og ferdigheter i en BIM-basert kalkulasjonsprosess. Flere prosjektleveringer ved bruk av BIM har vist seg å være svært kostnadseffektivt og det er ingen tvil om at det er kommet for å bli i byggebransjen. Teknologiske fremskritt de siste 20 år har vært med på å redusere kalkulatørens kvantitative mengdeberegning. Likevel vil en BIM-basert kalkulasjonsprosess løfte effektiviteten ytterligere enn det som er gjeldende i dag. Det som er blitt diskutert når det gjelder mengdeberegning ved bruk av BIM er at den kjedsommelige arbeidspakken ved å kalkulere og hente ut mengder forsvinner. I en BIM vil mengdene allerede eksistere og kalkulatørenes jobb blir da å fordele objektene inn i en mappestruktur. (Hannon, 2007)



En slik mappestruktur vil kunne etableres i fase 2 (oppbygning av resepter) som er beskrevet i underkapitlet om kalkulasjonsprosessens organisering.

Man vil med en BIM kunne hente ut objekter tilknyttet informasjon. I en tradisjonell mengdeberegningsprosess vil informasjonen i tegningene brytes ned til data for så at kalkulatøren strukturerer dette om til informasjon igjen. For at kalkulatørene skal kunne hente ut mengder og strukturere dem setter dette krav til informasjonsmengden og –kvaliteten tilknyttet hvert objekt i modellen. Objektet bør være informasjonsrikt, men samtidig bør det foreligge relevant informasjon. Dette går både på parametrisk informasjon tilknyttet objektene, men også relasjoner til andre nærliggende objekt. IFC vil her spille en viktig rolle der en 3D-modell skal kunne brukes av samtlige involverte aktører underveis. (Hannon, 2007)

Gjennom BuildingSMART-prosjektet har Boligprodusentenes Forening i flere år vært med i utviklingen av åpne internasjonale standarder. De har, gjennom sin BIM-manual, introdusert nye arbeidsmetoder for leveranser og modellhåndtering mellom ulike aktører i prosjekteringen. I figuren under vises et eksempel på en koordineringsprosess og en arbeidsmetodikk for kalkulatørene knyttet til et BIM-prosjekt som er basert på denne manualen.

Fase/Beskrivelse	Sjekkliste BIM
<b>Generelt</b>	
Informasjonsmanual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hente ut typebeskrivelser fra informasjonsmanual.</li> <li>• Oppdatere beskrivelser ved endring.</li> </ul>
Utveksling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innhente modell(er) fra fagdisiplin(er).</li> <li>• Påse at en besitter siste oppdaterte versjon av modell(er).</li> </ul>
Koordinering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bidra til oppsett av modeller for kalkyle: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definere eierskap til objekter som eksisterer i flere ulike fagmodeller.</li> </ul> </li> <li>- Sørge for at objekter ikke blir regnet to ganger.</li> <li>• Definere hvilke objekter mengder skal hentes fra: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Skal dekkeobjekter eller romobjekter brukes til å hente ut gulvbelegg?</li> <li>- Skal vegger eller romobjekter brukes til å ta ut overflatebehandling?</li> </ul> </li> </ul>
Typebeskrivelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innhente nødvendig informasjon om bygningsdeler fra leverandører.</li> </ul>
<b>Skisseprosjekt</b>	
Kalkyle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definere detaljeringsgrad for skisseprosjektfasen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hvilke objekter kan regnes i samme kalkylepost?</li> <li>- Hvordan skal brann- og lydkrav implementeres i kalkylen dersom det ikke er beskrevet i IDM?</li> </ul> </li> <li>• Mengdeuttak fra modeller: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengder fra modeller knyttes til beskrivelser fra IDM.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Forprosjekt og detaljprosjekt</b>	
Kalkyle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppdatering av mengder.</li> <li>• Opprette nye kalkyleposter for økt detaljeringsgrad. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Skille ut objekter til egne poster.</li> </ul> </li> <li>• Gjøre alternativvurderinger?</li> <li>• Generere beskrivelse fra kalkyle?</li> </ul>
<b>Byggefase</b>	
Bestilling, logistikk og utførelse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengder fra modell benyttes til bestilling: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prefabrikkerte elementer/produkter.</li> </ul> </li> <li>• Planlegging av 4D- og 5D-BIM.</li> </ul>
<b>FDV</b>	
Dokumentasjon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bidra til produktbeskrivelser og FDV-dokumentasjon.</li> </ul>

**Tabell 2: Kalkulatørenes koordineringsprosess og arbeidsmetodikk i et BIM-prosjekt.**

I forhold til kalkulatørens rolle kan det hende at det vil utkrystallisere seg profesjoner i forhold til arbeidsområder i kalkulasjonsprosessen. Kalkulatørene vil fortsatt inneha den tradisjonelle kalkulasjonsrollen, men det er fortsatt meget sentralt å ha kalkulatorer som innehar kunnskap tilsvarende en tradisjonell kalkulasjonsprosess. Prosessen vil i et BIM-prosjekt spisses i forhold til å gjøre gode vurderinger og estimater med tanke på for eksempel tidsforbruk etc.

Kalkulatørens arbeidsoppgaver i en BIM-prosess kan etter hvert suppleres med å tilknytte FDV-dokumentasjon til modellen. Hvert objekt i modellen vil fremstå med en unik ID og det kan da bli mulig å hente ut FDV-dokumentasjon fra leverandørens objektbibliotek.

Prosjektets kontraherte leverandører må da ha opprettet en webutgave av sine produkter der de kan berike objektene med informasjon som gjør kalkulatørens prissetting enklere. Ofte er det entreprenørens rolle å hente inn priser, spesielt når det er snakk om en totalentreprise.

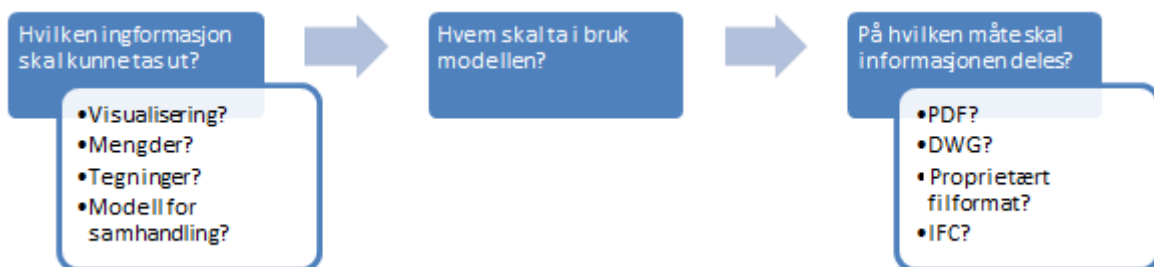
## 8. Implementering av IFC i kalkulasjonsprosessen

Dette kapitlet har som formål å se på hvordan en IFC-fil bør bygges opp og struktureres til bruk i en BIM-basert kalkulasjonsprosess, hvilke krav som må stilles til informasjonsmengden i filen og til slutt et delkapittel som omhandler mengdeberegning med BIM.

I forhold til innholdet i dette kapitlet er kunnskapen rundt emnet relativt fersk. Dette betyr at det er mange ulike måter å løse de utvalgte problemstillingene i dette kapitlet på. Det er, i dette kapitlet, tatt utgangspunkt i formatet IFC 2x3 selv om det i skrivende stund eksisterer et oppdatert IFC-format, IFC 2x4. Grunnlaget for å ta en slik avgjørelse ligger i at IFC 2x4 er såpass nytt at det enda ikke er fullt kompatibelt med ulike programverktøy (Solberg, 2012).

En viktig forutsetning for å lykkes med en BIM-basert kalkulasjonsprosess er å få etablert konsistente definisjoner og dataformat til å håndtere de modellerte objektene i bygningsinformasjonsmodellen. Det krever en enorm innsats for å utvikle et klart definert rammeverk for en slik prosess i byggebransjen der en slik løsning vil foreligge som en definisjon til bruk for alle deltakerne gjennom hele byggeprosessen.

For å kunne nå målet om å bygge opp en god BIM må formålet for modellen være klart og tydelig definert på forhånd. Avklaringspunkt rundt hvilken informasjon som skal kunne hentes ut i de ulike fasene, hvem som skal bruke modellen og hvordan informasjonsflyten skal kunne fungere mellom de berørte aktørene er vesentlige spørsmål å ta tak i. Når formålet med bygningsinformasjonsmodellen er å legge den til grunn for utarbeiding av en kostnadskalkyle er behovet for en nøyaktig og korrekt modellert modell helt avgjørende for å oppnå et akseptabelt resultat. (Boligprodusentenes Forening, 2011)



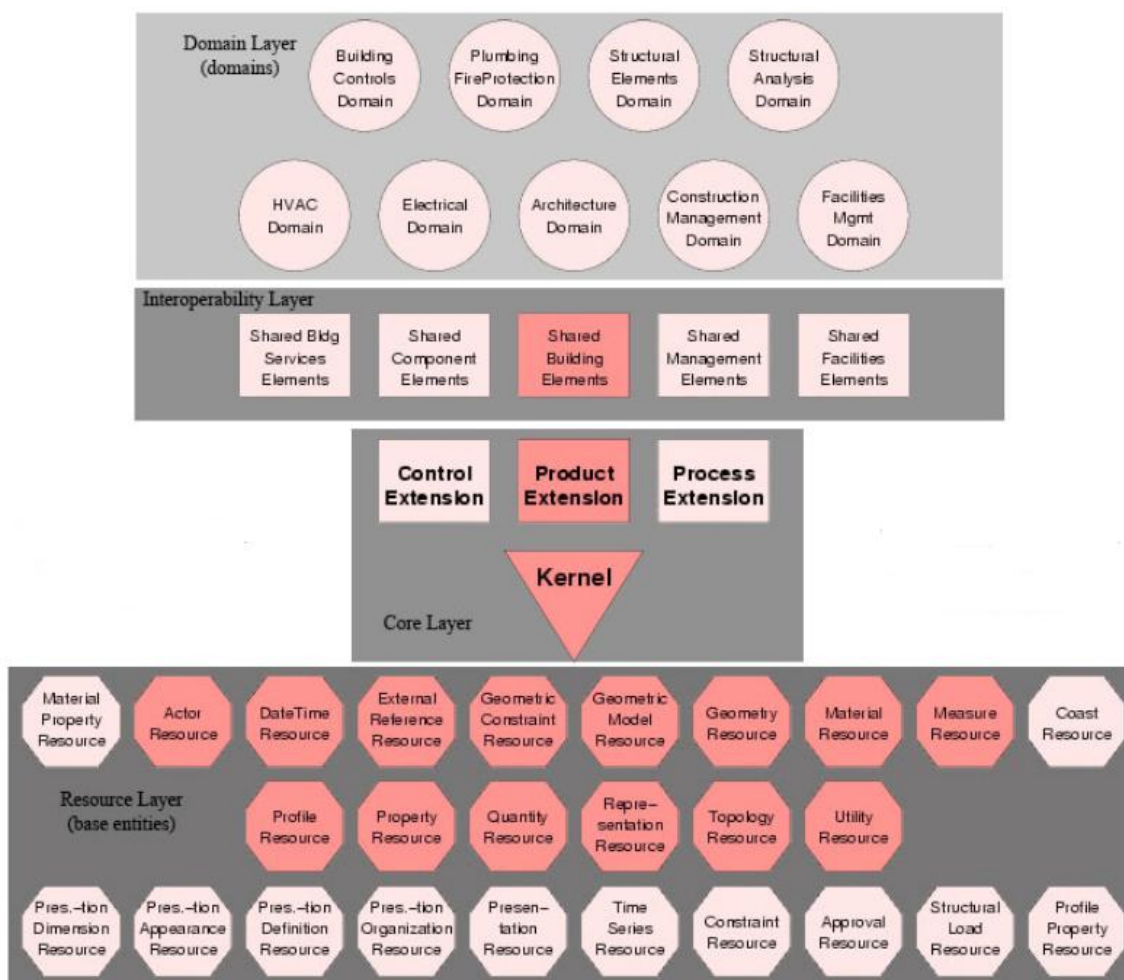
Figur 2925 BIM-modellens formål.

## 8.1 Hvordan fungerer oppbygningen av en IFC-fil/-modell?

Med bransjens økende interesse for BIM har spørsmål rundt interoperabilitet og muligheten til å integrere ulike modell-baserte programvarer inn i en god og effektiv arbeidsflyt vært en sentral problemstilling (Khemlani, 2004). For de fleste i byggebransjen har også begrepet interoperabilitet i senere tid blitt synonymt med IFC.

Hensikten med dette underkapitlet er å fokusere på IFC-formatets oppbygning. Innholdet vil ikke ha sitt mål om å gå ned i tekniske detaljer vedrørende formatets struktur, men vil ha fokus på å gi en god og bred oversikt over IFC-formatet.

En IFC-modell representerer ikke bare materielle bygningsdeler som vegger, dører, bjelker, tak, møbler osv., men også blant annet ikke-fysiske eller dokumentbaserte data som tidsplaner, aktiviteter, prosjektorganisering og byggekostnader. IFC-modellens oppbygning (IFC Schema) er bygd opp som skjematiske datamodeller som er organisert og strukturert hierarkisk inn i 4 hovedlag. Dette vises i figuren under. (Khemlani, 2004)



Figur 260 Oppbygningen og strukturen i IFC Schema (Eastman, 2008).

**Ressurslaget (Resource Layer):** Dette laget i den hierarkiske strukturen inneholder kategorier av entiteter som representerer grunnleggende egenskaper som blant annet geometri, materialer, mengder, dato og tid og kostnad. Dette fungerer som generiske egenskaper. Parameterne i dette laget brukes til å definere egenskapene i de øvre lagene. (Khemlani, 2004)

**Kjernelaget (Core Layer):** Kjernelaget inneholder entiteter som også brukes til å definere egenskapene til de høyere lagene. Kjernelaget har styringen på blant andre klassene objekt og avhengigheter. Som et eksempel definerer kjernen (Kernel Schema) sentrale begrep som aktør, gruppe, prosess, produkt og relasjoner. (Khemlani, 2004)

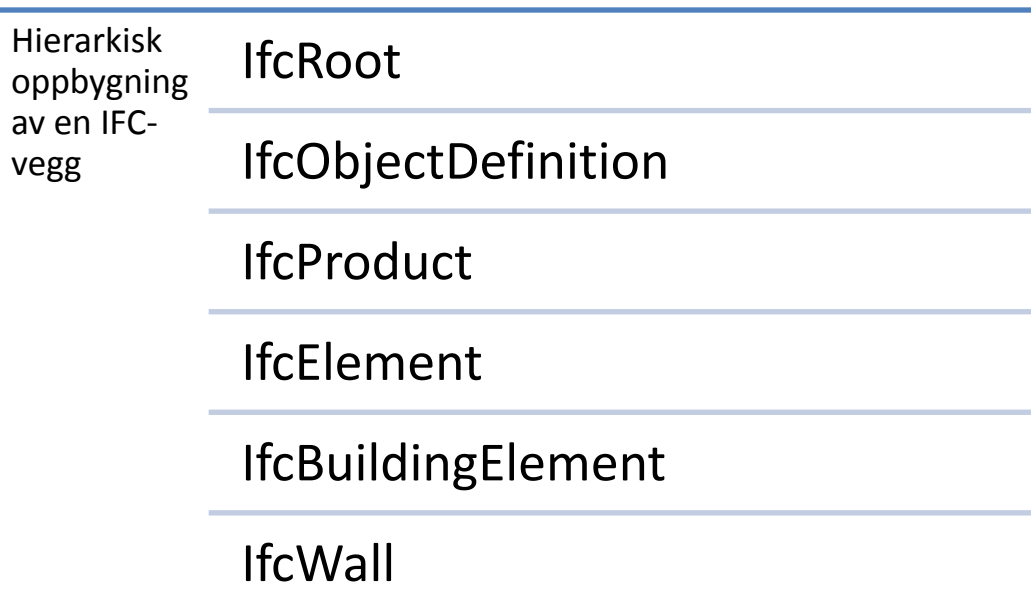
**Interoperabilitetslaget (Interoperability Layer):** Interoperabilitetslaget inneholder objekt som er felles for flere fag. Objekt som dekker, vegger, tak og søyler klassifiseres som hovedobjekt i et bygg og er ikke tilknyttet spesielle fag. Disse hovedobjektene vil plasseres under «Shared Building Elements». (Khemlani, 2004)

**Domenelaget (Domain Layer):** Domenelaget er det høyeste nivået i IFC-modellen og beskriver entitetsdefinisjoner for fagspesifikke domener som blant annet konstruksjonsteknikk, brannteknikk, arkitektur, VVS og produksjonsstyring. (Khemlani, 2004)

Hvert lag består av flere ulike kategorier, og det er innenfor hver kategori (eller skjema) at de enkelte objektene er definert. Et eksempel på dette er en IFC-vegg (IfcWall) som vil plassere seg i «Shared Building Elements Schema» som igjen tilhører hovedlaget «Interoperability Layer». (Khemlani, 2004)

Oppbygningen av et veggobjekt, i likhet med andre bygningselement som for eksempel tak, dekke, søyle eller bjelke er definert og vist i figur 31. Dette betyr at et veggobjekt (IfcWall) er definert som en underkategori av et bygningselement (IfcBuildingElement) som igjen er en undertype av elementklassifiseringen (IfcElement). Hvert nivå i den hierarkiske strukturen er tilknyttet attributter der de underliggende kategoriene «arver» attributtene fra de overordnede kategoriene. Alle nivåene over nivået «IfcWall» defineres som abstrakte kategorier som innebærer at de ikke kan forekomme som en fysisk og konkret forekomst. Dette er grunnen til at de befinner seg i kjernelaget (Core Layer) i IFC-formatets oppbygning (figur 30). (Khemlani, 2004)

Et veggobjekt (IfcWall) vil opptre i en konkret tilstand der veggens egenskaper som type, form, plassering, mengde, relasjoner, utsparinger osv. er definert etter dens overliggende kategorier. Veggens hierarkiske oppbygning vises i figuren under der hvert lag i objektets struktur er beskrevet.



Figur 271 Hierarkisk oppbygning av en IFC-vegg.

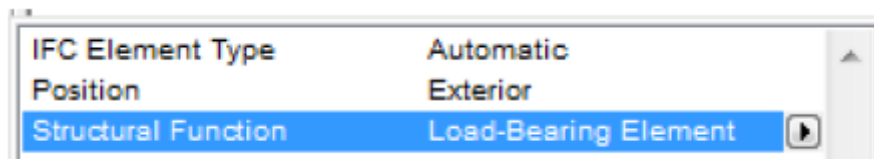
Hvert nivå i den hierarkiske strukturen viser ulike attributter og relasjoner tilknyttet det aktuelle objektet i modellen (Eastman, 2008).

- *IfcRoot* tildeler veggen en Global ID og annen informasjon som er med på å identifisere objektet. En Global ID blir ofte omtalt som en GUID (Global Unique ID) som er et entydig, sporbart fødselsnummer for veggen i modellen.
- *IfcObjectDefinition* plasserer veggen i sammenheng med eventuelle andre objekt i umiddelbar nærhet, og identifiserer veggens oppbygning med tilknyttede komponenter hvis de fra før er definert.
- *IfcProduct* beskriver og definerer veggens beliggenhet i modellen samt veggens geometriske data.
- *IfcElement* viser veggens åpninger og utsparinger. I tillegg, avhengig av mengde informasjon modellert, kan også vinduer og dører være beskrevet og modellert som en del av veggen.
- *IfcBuildingElement* definerer felleskategorier for *IfcWall*. Dette kan for eksempel være type, form, plassering, mengde, relasjoner, utsparinger osv. som er kriterier *IfcBuildingElement* baserer seg på fra de overnevnte kategoriene.
- *IfcWall* er veggens konkrete oppbygning og fremstilling.

For alle de involverte i prosessen med å bygge opp IFC-modeller (eksempelvis en arkitektonisk eller en konstruksjonsbasert modell) til bruk i kalkulasjonsprosessen er det viktig å inkludere alle elementene som skal inngå i kalkulasjonen av bygget. Elementene må

tilknyttes riktig elementklassifisering, entydige ID'er (GUID) og de bør også plasseres med riktig valg av «structural function» og «position» som på IFC-språket betegnes henholdsvis som «IFC Structural Function» og «IFC-Position». (Welte, 2012)

For å klargjøre de overnevnte begrepene vil eksempelvis en modellert ytterveggs posisjon (IFC-Position) i IFC-formatet klassifiseres som *External*. Den strukturelle funksjonen til ytterveggen (IFC Structural Function) klassifiseres enten som *Non-load-bearing* eller *Load-bearing* avhengig av dens funksjon i bygget. (Boligprodusentenes Forening, 2011)



Figur 282 Konstruksjons- og plasseringsegenskaper til en yttervegg (Boligprodusentenes Forening, 2011).

I en IFC-modell er noe av det viktigste å holde en konsekvent struktur på innholdet i forhold til en kalkyle. Skal flere modeller kombineres i samme kalkyle, enten i form av flere fag eller flere deler av bygget, er det viktig at enkle ting som enheter, aksesystem, nullpunkt osv. er klart definert og felles for alle aktørene. Har man et prosjekt med flere bygg, eller et bygg med flere fløyer er det svært nyttig å legge inn denne informasjonen. Dette kan også brukes til å strukturere kalkylen på en måte som er egnet til produksjonsoppfølging i neste omgang. Har man eksempelvis et bygg med 3 fløyer kan merking av objektene med "Fløy A, Fløy B, Fløy C" være en gunstig måte å gjøre det på. Eksempelvis kan man bygge opp en kontoplan hvor nivåene foreligger som Fløy-Fagkapittel-Bygningsdel eller Fagkapittel-Fløy-Bygningsdel. Dette er måter å strukturere en kalkyle på som vil bli vist i kapittel 9, ISY Calculus.

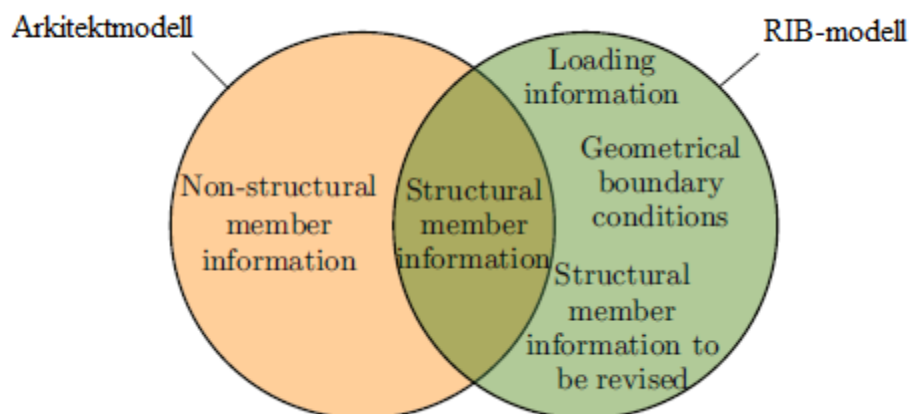
Generelt vil mer informasjon tilknyttet modellen gi flere strenger å spille på for å få ut et godt grunnlag for en BIM-basert kalkyle.

## 8.2 Krav til informasjon fra arkitekt og RIB i modelleringsfasen av en BIM/IFC

I arbeidet med å skape og etablere en totalleveranse med BIM inkluderer dette mange fagdisipliner. Dette delkapitlet tar for seg ulike informasjonskrav for en arkitekt og RIB (Rådgivende Ingeniør Bygg) i modelleringsfasen av en BIM. Når hele spekteret med aktører i et BIM-prosjekt blir sett under ett er det, gjennom informasjonsutveksling og –deling, samarbeidet mellom arkitekten og konstruktøren (RIB) i et prosjekt som blir sett på som den mest kritiske. (Deng, et al., 2011)

Det er på bakgrunn av overnevnt informasjon gjort begrensninger i oppgaven ved kun å se på krav til informasjon i en BIM fra arkitekt og RIB. Informasjonskravene er delt opp i skisse-, for-, og detaljprosjektering og baserer seg på dem jeg ser som de viktigste leveransene. Avgrensningen til kun de viktigste BIM-leveransene er gjort for å sette en akseptabel og overkommelig ramme rundt innholdet. Figuren (figur 35) er basert på Statsbygg BIM-manual 1.2 (Statsbygg, 2011), Boligprodusentenes BIM-manual (Boligprodusentenes Forening, 2011) og Statsbyggs rapport om «Objektbasert prosjektering» (Statsbygg, 2006).

En IFC-basert BIM, som i hovedsak er en fysisk arkitektonisk modell, vil i praksis være litt annerledes oppbygd i forhold til en RIB-modell. Selv om de er av ulik karakter er det fortsatt viktig at arkitektmodellen forblir tverrfaglig. Det vil si at den alltid må være koordinert med andre fag når det for eksempel gjelder romkrav til bygget (Statsbygg, 2011). I figuren nedenfor vises et venndiagram som visualiserer informasjonstypen som blir modellert av arkitekt og RIB i et BIM-basert prosjekt.



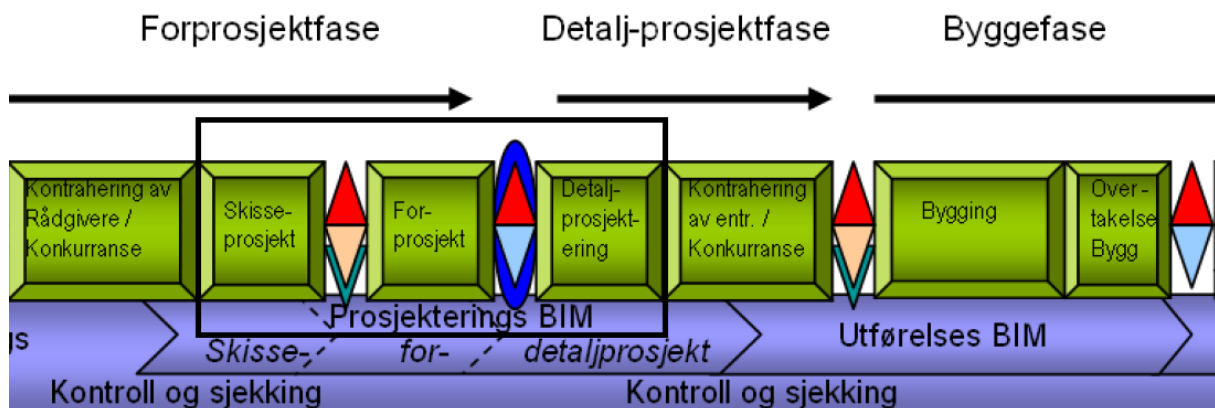
Figur 293 Informasjonsforholdet mellom en arkitekt- og en RIB-modell (Deng, et al., 2011).



I oppstartsfasen av et prosjekt er det som entreprenør viktig å få etablert en plan for prosjektet som beskriver hva som kan forventes å finne av informasjon i en BIM ved ulike milepæler. Dette kan på mange måter settes i sammenheng med en leveranseplan for tegninger fra 2D-baserte prosjekt.

I tidligfasen av et prosjekt er det kjent at det foreligger lite informasjon i prosjektets bygningsinformasjonsmodeller og det er da kun hovedgeometri som bruttoareal (BTA), yttervegsarealer over og under mark (YOM\YUM), bebygd areal (BYA) osv., som vil være tilgjengelig. I denne fasen er det viktig for entreprenøren å bruke en kalkylemal som er relevant for prosjektet, og etter hvert berike kalkylemalen med mengder fra IFC. Antall objekt som har mengder fra IFC i kalkylen bør da kunne øke gradvis gjennom prosjektets tidsperspektiv.

Statsbygg har gjennom sitt arbeid med BIM utviklet en prosessmodell som ligger til grunn i deres prosjekt. Et utsnitt av figuren er vist under og det er valgt en avgrensning som viser hvilke faser av et byggeprosjekt jeg skal beskrive vedrørende krav til informasjon fra arkitekt og RIB i modelleringen av en BIM/IFC. Disse fasene er som nevnt tidligere skisse-, for-, og detaljprosjektering. Informasjonsmengden og kvaliteten på informasjonen vil gradvis øke fra starten av skisseprosjekteringen til endt detaljprosjektering.



Figur 304 Utdrag fra Statsbyggs prosessmodell med BIM (Statsbygg, 2009).

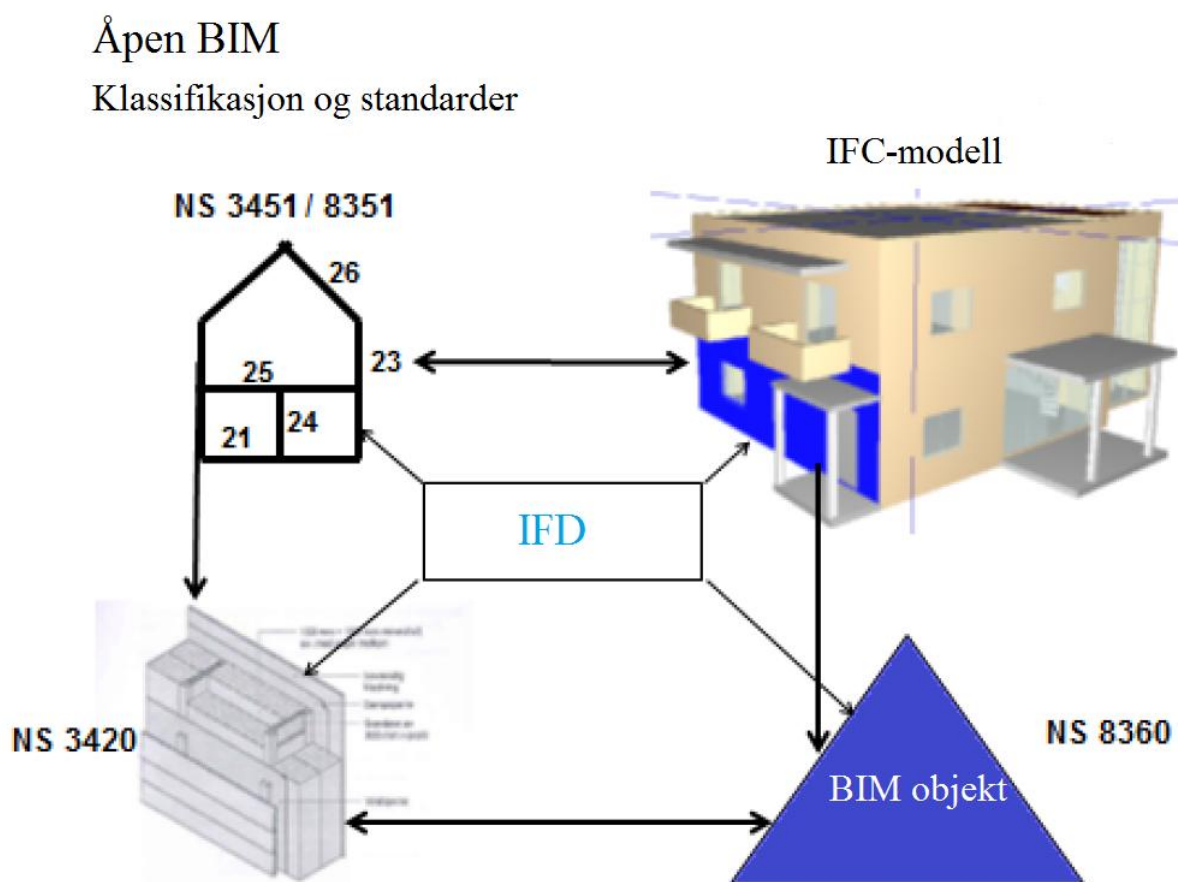
	Arkitekt	RIB
S k i s s e p r o s j e k t	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementere romprogram/kundekrav.</li> <li>• Geometrien av bygget skal være tilnærmet riktig modellert i forhold til plassering, form og størrelse.</li> <li>• Alle modellerte objekt skal tilknyttes navn (IfcWall.Name) som tilsvarer bygningsdelsnummer (NS 3451).</li> <li>• For alle like vegg-/dekketyper skal de ha identiske egenskaper når det gjelder veggtykkelse og materialvalg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosjektets valgte nullpunkt (vanligvis valgt av arkitekt) må samsvare med RIB-modell.</li> <li>• Den første bygningstekniske BIM-modellen produseres av arkitekt, og det er i denne fasen viktig for arkitekten å få tilknyttet byggeteknisk ekspertise med tanke på for eksempel valg av dekketykkelser.</li> <li>• Modellen skal inneholde byggets hovedkonstruksjon.</li> </ul>
F o r p r o s j e k t	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrien skal være nøyaktig modellert når det gjelder plassering, form og størrelse.</li> <li>• Vise hovedprinsipper for konstruksjon, bæresystem og tekniske fag.</li> <li>• Modellens objekt skal klassifiseres slik at mengdeuttak er mulig.</li> <li>• Alle rom i bygget skal ha fått tilknyttet sin IfcSpace i henhold til romprogram.</li> <li>• Modellen skal følge valgt IDM.</li> <li>• Hvert romareal har tildelt et romfunksjonsnummer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Import av arkitektmodell som grunnlag for prosjektering.</li> <li>• Alle bærende element skal være geometrisk modellert.</li> <li>• Avklare eierforhold til objektene med arkitekt (dobbel eierskap) i forhold til tilføring av ny objektinformasjon.</li> <li>• Geometrien skal være tilnærmet riktig modellert i forhold til plassering, rom og størrelse.</li> <li>• Alle element skal ha tilknyttet et typeobjekt, slik at de kan identifiseres etter type mht. mengdeuttak og kostnadsestimering.</li> </ul>
D e t a i j p r o s j e k t	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Både ytter- og innerveggobjekt skal inneholde materialsjikt og riktig modellert høyde. En veggs oppbygning er beskrevet i IfcWallType.Description.</li> <li>• Tekniske installasjoner skal modelleres på et detaljert nivå.</li> <li>• Alle dører og vinduer i bygget skal modelleres med riktige dimensjoner og plassering.</li> <li>• Modellen skal både definere brannsoner (brannceller), varmesoner og kjølesoner.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sammenføyning av fundamenter og konstruksjoner over skal være modellert.</li> <li>• Alle bærende vertikale og horisontale konstruksjoner skal være modellert med type, materialtype, geometri, plassering, sammenføyning og bygningstekniske dimensjoneringsdata.</li> </ul>

Figur 315 Krav til informasjon fra arkitekt og RIB i modelleringsfasene av en BIM/IFC.

### 8.3 Struktur på modellert data/informasjon i en BIM/IFC

En av de største utfordringene som ligger fremfor oss med tanke på å kunne ta i bruk BIM-verktøy fullt ut er standardiseringen av et (norsk) objektbibliotek (IFD) som kan knytte de modellerte objektene i modellen mot bestemte og standardiserte navngivningsregler. Standard Norge er i skrivende stund opptatt med å utvikle en standard for dette (NS 8360) som tar utgangspunkt i både NS 3451, NS 3420 og NS 8351. (Norsk Standard, 2012)

Figuren under viser hvordan de overnevnte eksisterende standardene tilknyttes en IFC-modell og hvordan de henger sammen i utviklingen av et nytt BIM objektbibliotek, NS 8360.



Figur 326 Utvikling av et norsk BIM-objektbibliotek (Norsk Standard, 2012).

I forhold til utviklingsarbeidet av NS 8360 blir det viktig å gå veien med å tilpasse NS 3420 og NS 3451 for et objektbibliotek som har støtte for den åpne standarden IFD. Dette vil muliggjøre en økt industriell produksjon, økt verdiskapning og grunnlag for bedre samhandling mellom aktørene i bransjen. (Standard Norge, 2011)

Når det gjelder modellens struktur til bruk i kalkulasjonsprosessen er det viktig å være oppmerksom på ID-koding og med det innføre et system for å ha muligheten til effektivt

hente ut og sortere data. I dagens situasjon mottar entreprenører modeller med til dels stor forskjell i oppbygningen av modellens struktur. Grunnen til dette er nettopp en manglende standard for navngiving på objekt i IFC-modeller. Det er helt avgjørende å ha en konsistent navngiving på objektene i modellen, der de samme objektene har konstant GUID i ulike modellversjoner (Boligprodusentenes Forening, 2011).

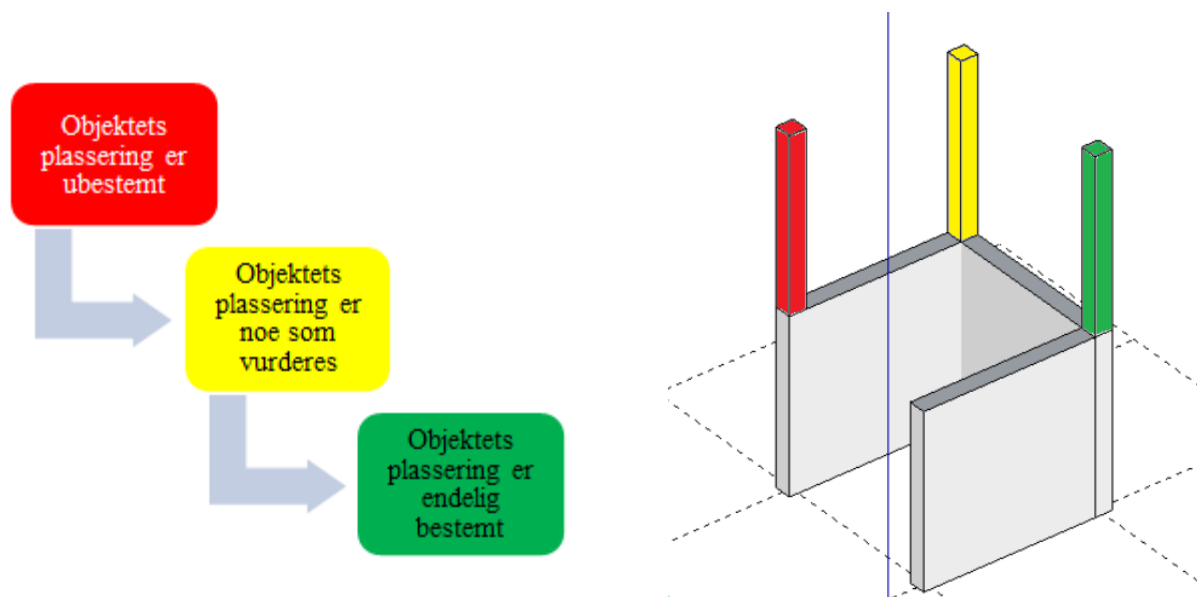
IFC-formatet har muligheten til selv å sortere data, enten i form av bygningstype eller bygningsdel. For arkitektenes prosjektering av en BIM er det sentralt å modellere med ulike lag i modellen (Welte, 2012). Dette er samtidig avhengig av størrelsen på prosjektet i forhold til å opprette og strukturere objektene som et sortiment eller etter bygningsområde. Når det eksisterer flere fløy i prosjektet er dette en stor fordel. Objektene bør også tillegges geografisk plassering i forhold til et aksesystem inn i ID-kodingen slik at sporbarheten øker og det blir lettere å finne fram til hvor de ulike bygningsdelene skal ligge i bygget.

Arkitektene har i teorien mulighet til å legge inn alt av informasjon i minste detalj i en BIM (bolteforbindelser, listverk, speil, flisfuger osv.). Derimot er ikke dette generell praksis hos arkitektfirmaene som, i forhold til mengdeuttak hos en entreprenør, krever god kunnskap om generell kalkulasjon og et byggs tilhørende elementer og oppbygning for å skape en god og beskrivende kalkyle. I forhold til arkitektenes modellering av en vegg praktiseres dette ved å klassifisere en veggtype for så å «rulle den ut». I forlengelsen av dette, noe som ikke er ideelt å gjøre i IFC, er å ignorere blant annet dekkeforkanter i modellen, da dette gir kollisjoner med yttervegg (Welte, 2012). Dette vil gi avvik i mengdeberegningen for kalkulatørene. Vegger og andre objekter bør ikke modelleres sammenhengende over flere etasjer. Et eksempel på en yttervegg som er modellert sammenhengende helt opp til gesimsbeslag og som ekskluderer dekkeforkanten i fasaden er vist i figur under (Boligprodusentenes Forening, 2011).



Figur 337 Sammenhengende veggobjekt modellert over flere etasjer (Boligprodusentenes Forening, 2011).

Under modelleringsfasen av en BIM vil, som i tradisjonelle prosjekt, bestemmelsesgraden av byggets innhold og plassering av ulike element/objekt øke gjennom prosjekteringsfasen, fra skisseprosjekt til detaljprosjekt. Arkitektene er nødt til å tegne noe konkret tidlig i et prosjekt og når et objekt modelleres i en BIM vil det ofte oppfattes som ferdig prosjektert, noe som ofte ikke stemmer i en tidlig fase. Muligheten for å klassifisere de ulike objektene i bygningsinformasjonsmodellen gjennom prosjekteringsfasen vil være et godt hjelpemiddel og kommunikasjonsverktøy for kalkulatørene mot arkitekten slik at det aldri forekommer misforståelse angående et enkelt objekts «rolle» i modellen. Med dette kan man klassifisere bestemmelsesgraden på objektene. Klassifiseringen av hvert enkelt objekt kan for eksempel gjøres på følgende måte; «dette er et objekt vi har bestemt oss for» (markeres grønt), «dette er noe vi vurderer» (markeres gult) eller «dette har vi ikke tatt stilling til i det hele tatt» (markeres rødt). Objektene i den siste kategorien (rød klassifikasjon) fungerer kun som en illustrasjon i modellen. Dette systemet vil kunne fungere som et nivåsystem av objektenes ferdighetsbestemmelse i en IFC-fil. Dette illustreres i figuren under. En slik måte å dokumentere objektenes rolle i modellen er enda ikke implementert i Norconsult sitt BIM-verktøy ISY Calcus, så dette er åpenbart et forbedringspotensial programvaren har.



Figur 348 Klassifisering av objektenes bestemmelsesgrad i en IFC-fil.

## 8.4 Mengdeuttak med BIM

Mengdeberegning sees ofte på som det første steget innenfor kalkulasjonsprosessen. Gjennom å utnytte seg av BIM er det mulig å øke effektiviteten betydelig i forbindelse med uthenting av mengder sammenlignet med en tradisjonell mengdeberegningsprosess. I et BIM-basert mengdeuttak vil man (delvis) kunne gjøre automatiske mengdeberegninger i stedet for manuelle mengdeuttak basert på tegninger, i papir- eller digitalt format, der prosessen er betraktelig mer utsatt for feil og mistolkninger på grunn av et mindre komprimert prosjekteringsmateriale. (Kiviniemi, et al., 2007)

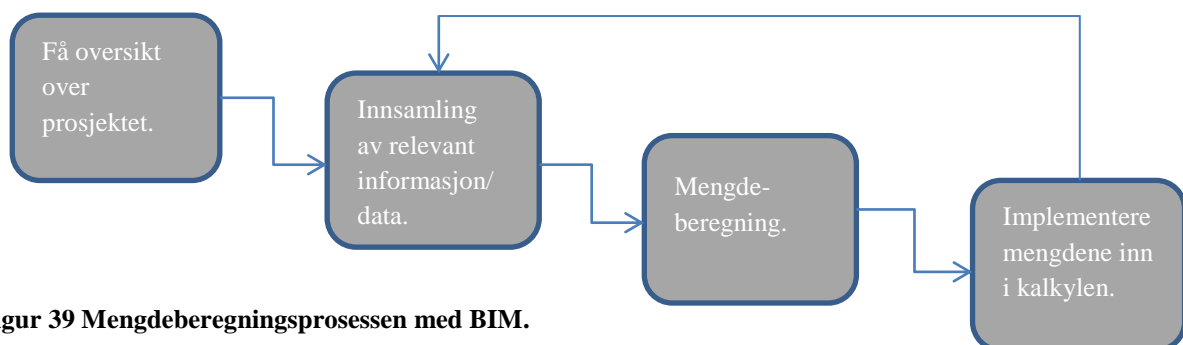
Denne delen av oppgaven vil ta for seg den prosessmessige delen av mengdeuttak med BIM. Dette går både på hvordan prosessen bør struktureres og organiseres samt ulike metoder for å utføre en slik prosess. Til slutt vil avvik i mengdeberegningen beskrives med tilhørende årsaker.

En BIM-basert mengdeberegningsprosess skiller seg på mange måter fra en tradisjonell dokument-basert 2D-prosess. Den mest vesentlige likheten er at kvaliteten på mengdeuttaket avhenger alltid av kvaliteten og informasjonen som produseres av kalkulatørene.

På grunn av den økende effekten BIM gir i forhold til mengdeuttak gir det mulighet til oftere å ta ut mengder og samtidig evaluere flere alternativ parallelt. I forhold til når og hvor ofte mengdeuttak bør utføres, samt hvor mange alternativ som bør evalueres, er en vurderingssak som må tas stilling til ut i fra behovet til hvert enkelt prosjekt. (Kiviniemi, et al., 2007)

Proessen med et mengdeuttak med BIM kan organiseres og struktureres i 4 hovedfaser. Disse fasene baserer seg på følgende arbeidspakker (Kiviniemi, et al., 2007);

- Få oversikt over prosjektet.
- Innsamling av relevant informasjon/data.
- Mengdeberegning.
- Implementere mengdene inn i kalkylen.



Figur 39 Mengdeberegningsprosessen med BIM.

### **Få oversikt over prosjektet**

I den første fasen av mengdeberegningsprosessen handler det, for kalkulatørene, om å gjøre seg kjent med byggets oppbygning og størrelse med tanke på byggets hovedgeometri. På grunn av BIM'ens komprimerte prosjekteringsmateriale vil det være lettere for kalkulatørene å raskt sette seg inn i prosjektet. I tillegg er det viktig i denne fasen å sette seg inn i annet relevant materiale (for eksempel bygningens spesifikasjoner) og diskutere videre vedrørende byggets fysiske og tekniske løsninger med relevante aktører. (Kiviniemi, et al., 2007)

### **Innsamling av relevant informasjon/data**

Før hver gang en ny mengdeberegningsprosess utføres må relevant informasjon tilknyttet prosjektet og mengdeberegningsprosessen innhentes, både i forbindelse med førstegangsuttak, men også for hver gang endringer skjer med tanke på byggets løsninger. Kalkulatøren må også kontinuerlig forsikre seg om at han arbeider på den siste reviderte modellen. I prosessen med innsamling av relevant informasjon er det flere forhåndsregler og aspekter som kalkulatøren må være klar over: (Kiviniemi, et al., 2007)

- Det må i første omgang klarlegges om mengdeberegningsprosessen utføres på bakgrunn av flere fag-BIM'er eller kun en BIM. Hvis mengdeuttaket baserer seg på flere BIM'er må det bevisstgjøres for kalkulatørene hvilke mengder som er tatt ut fra hvilke modeller. Et eksempel kan være hvis mengden av lastbærende vegger er hentet fra RIB-modellen, mens dører og vinduer er mengdeberegnet fra arkitektmodellen.
- Det må bestemmes om mengdene skal hentes ut fra den originale BIM'en eller en IFC-fil som er eksportert fra den opprinnelige modellen. Hvis mengdeberegningsprosessen er gjort fra den originale BIM'en må det forsikres at objektene inneholder alt av nødvendig objektinformasjon som kommer fra objektbiblioteket og at modellen kan åpnes og benyttes i kalkulatørens programvare.
- Det må tidlig avklares hvilke mengder som skal hentes ut fra BIM'en og hvilke mengder som hentes ut ved hjelp av andre metoder, samt om alt modellert materiale er av samme detaljeringsgrad i modellen.

### **Mengdeberegning**

Et BIM-basert mengdeuttak kan gjøres med ulik detaljeringsgrad og må gjøres ved hjelp av et egnet program for arbeidet. Valget for programvare for en slik operasjon vil ha stor innvirkning med tanke på mengdeberegningsprosessen pålitelighet og effektivitet. Et eksempel i denne sammenhengen kan være å se på hvordan programmet håndterer endringer i det prosjekterte materiale eller hvordan mulighetene er for å gjøre flere alternative mengdeberegninger av den samme modellen. (Kiviniemi, et al., 2007)

### **Implementere mengdene inn i kalkylen**

Mengdeberegningens leveranse og resultat er en kvantitativ oversikt over byggets objekt og elementer. Resultatet kan benyttes i ulike sammenhenger, men for en entreprenør vil det være mest aktuelt å:

- Implementere mengdene inn i kalkylen slik at et estimat for totalkostnaden og delkostnader av prosjektet kan beregnes. Hvor nøyaktig et slikt estimat vil bli avhenger av hvor langt man er kommet i prosjektet. Det kan i dette tilfellet enten hentes priser tilknyttet de ulike mengdene basert på erfaringstall, eller bruke priser fra kalkulasjonsprogrammets egen prisbank/prisdatabase. Dette er aktuelt før pristilbud fra ulike leverandører hentes inn.
- Bruke deler av mengdene som er tilknyttet bestemte fag (for eksempel murer) til å hente inn pristilbud fra ulike leverandører. Dette kan for eksempel være deler av en fasade som utføres som et pusssystem. I dette tilfellet vil en murer få oversendt en beskrivelse fra entreprenøren som inneholder mengdene (tilknyttet fagkapitlet mur og puss) i prosjektet med tilhørende informasjon om utførelse. Leverandøren vil da prise den oversendte beskrivelsen og tallene kan da tilknyttes mengdene i prosjektets kalkyle. I en slik fase er det viktig at leverandørene får opprettet sitt eget objektbibliotek, basert på sine produkt, slik at objektene informasjon kan tilknyttes prosjektets BIM.

### **Ulike metoder for mengdeberegning**

Det er mulig å gjennomføre mengdeberegning av et prosjekt på flere ulike måter og med forskjellig detaljeringsgrad. Den mest detaljerte måten å utføre en BIM-basert mengdeberegningsprosess på er direkte knyttet til hvor detaljert BIM'en er modellert. Følgende beskrives mulige måter å utføre en mengdeberegningsprosess på sortert etter detaljnivå.

#### **Nøkkeltall**

En mengdeberegningsprosess basert på nøkkeltall er informasjon tilknyttet byggets størrelse, for eksempel dets totale volum eller totale bruttoareal, som blir hentet ut fra BIM'en. Basert på slik informasjon vil nøkkeltall basert på ulike volumer og arealer kunne kalkuleres. Dette er en høyst usikker og grov metode, men vil likevel gi en grei indikasjon på byggets totalkostnad i en tidlig fase. (Kiviniemi, et al., 2007)

#### **Rombasert mengdeberegning**

Arealet av prosjekterte rom som kontorer og fellesareal blir mengdeberegnet fra BIM'en og klassifiseres etter romtype. Mengdene av de ulike romtypene sammenlignes og godkjennes mot programmerings bestemmelser og et kostnadsoverslag kan gjøres basert på



enhetskostnaden (kr/m<sup>2</sup>) av de ulike romtypene. (Kiviniemi, et al., 2007)

### **Mengdeberegning basert på bygningselement**

Mengdene fra en bygningselement-basert metode er hentet fra BIM'en på grunnlag av bygningselementobjektene i modellen. Et eksempel kan være at høyden av en søyle kan hentes basert på søyleobjektets høyde. For å benytte seg av en slik metode er det en forutsetning at BIM'en er modellert på bakgrunn av bygningselement. Denne metoden er betydelig mer presis i forhold til mengdeberegning med nøkkeltall, men kalkulatørene har i denne metoden fortsatt ingen informasjon om hvordan hvert enkelt objekt er oppbygd. (Kiviniemi, et al., 2007)

### **Forbedret mengdeberegning basert på bygningselement**

Denne metoden er, med noen få unntak, av samme karakter som metoden beskrevet over. Men i motsetning til kun for eksempel å hente ut høyden av en søyle kan også volum ekstraheres fra BIM'en. Her vil denne metoden knytte til seg en tredje dimensjon av objektet. Dette betyr at søylen, i dette tilfellet, ikke må beregnes på den tradisjonelle måten med en inkluderende faktor for den tredje faktoren i volumberegningen. I denne metoden er mengdeberegningen fortsatt basert på bygningselement og en vegg vil fortsatt, med denne metoden, kun vise objektet som en enhet der objektets ulike lag (sjikt) ikke er modellert. (Kiviniemi, et al., 2007)

### **Elementbasert mengdeberegning**

I denne mengdeberegningsmetoden er mengdene hentet fra BIM'en basert på objektene i modellen. For eksempel kan mengden armeringsjern (kg) enten avledes fra søylens volum (m<sup>3</sup>) eller direkte hentes fra armeringsjernsobjekter i modellen. Elementbasert mengdeberegning er vanligvis brukt i de senere fasene av et prosjekt. (Kiviniemi, et al., 2007)

### **Avvik i et BIM-basert mengdeuttak**

Norconsult informasjonssystemer (NOIS) har gjennom testing av over 200 BIM-prosjekt innenfor arkitekt/RIB-fagene avdekket at mengdene i prosjektene ikke beregnes identisk i forskjellige programvarer. Avvikene er for de aller fleste objekter små (0-1 %), men i de fleste modeller finnes det objekt med relativt store avvik. (Norconsult InformasjonssystemerAS, 2011)

Årsakene til disse avvikene i mengdeberegningen kan i hovedsak klassifiseres som:

1. Ordinære systemfeil.
2. Kompleks objektgeometri.
3. Ulike premisser.

Feil som skyldes *ordinære systemfeil* er knyttet til hver enkelt programvare og vil her ikke bli videre beskrevet. Når det gjelder *kompleks geometri* som for eksempel buede vegger med varierende høyde vil store utslag alltid forekomme. Det samme gjelder krumme tak og dekker som for eksempel kuppelformede tak. Dette skyldes som oftest manglende eller sviktende beregningsteknologi for de komplekse formene. Bruk av forskjellige mengdeberegningsmetoder kategoriseres som *ulike premisser*. BIM-verktøyene kan for eksempel benytte systemlinjer (senterlinje e.l.) og beregne en teoretisk mengde ut fra denne. Disse overføres ikke i IFC-filen og nedstrøms-applikasjoner må derfor basere seg på andre metoder slik som selve den grafiske representasjonen av objektene. Premissforskjeller kan også bli gjeldene mellom ulike programvarer, der en type programvare kan beregne mengden for eksempel i senter av en vegg, mens en annen benytter det største flatearealet av utside og innside. Dette vil ikke utgjøre store forskjeller der de samme objektene sammenlignes med hverandres resultat, men summen av veggmengdene vil resultere i et for stort avvik når hele bygget mengdeberegnes. (Norconsult InformasjonssystemerAS, 2011)

## 9. ISY Calcus

Dette kapitlet vil ta for seg og beskrive kalkulasjonsprogrammet ISY Calcus. I tillegg vil det vise hvordan programmet kan brukes i forbindelse med en BIM-kalkulasjon der metoden som brukes baserer seg på metoden i kapittel sju, kalkulasjonsprosessens organisering. Dette programmet er valgt på bakgrunn av MajaTeknobyggs eksisterende bruk av programmet og at bedriften allerede har en god og etablert relasjon med Norconsult Informasjonssystemer. BIM-kalkulasjonen vil gjennomføres som et casearbeid der IFC-filen som importeres i Calcus er en middels stor boligblokk på 5 etasjer med tilhørende parkeringskjeller. IFC-filen er tilsendt fra Jostein Solberg i Norconsult informasjonssystemer, Sandvika.

I et BIM-prosjekt vil tidsbruken for kalkulatørene knyttet til mengdeuttak reduseres betydelig, selv om det fortsatt muligens må brukes noe tid på manuelle mengdeuttak. Årsaken til dette ligger i at alt som kalkuleres ikke nødvendigvis blir modellert og at det da må brukes tid for å kvalitetssikre modellen. Hadde en BIM-basert kalkulasjonsprosess utelukkende fungert automatisk ville dette gitt begrensninger på kalkulatørens forståelse og innsikt i prosjektet.

Direkte mengdefeil fra tegneverktøyet blir som regel fanget opp. Å kunne fremheve objekt med mengdeusikkerhet har vært et sentralt aspekt i utviklingen av BIM i Calcus (Solberg, 2011). Likevel kan noen typer feilmerking av objekter med feil kvalitet være vanskelig å fange opp i kalkyleprogrammet. En stor risiko i forhold til mengdeuttak i et kalkulasjonsprogram er at programvaren bruker mengder fra tegneprogrammet, der modellen(e) er utviklet, ukritisk uten at man har mulighet til å kontrollere disse mengdene (Solberg, 2011). Dette er en prosessmessig utfordring som må avklares ved overlevering av en BIM. I forhold til kalkulatørens egen korrigeringsjobb i modellen er dette veldig avhengig av hvert enkelt prosjekts BIM-strategi og BIM-kompetanse.

### 9.1 Introduksjon av Norconsult Informasjonssystemer AS

Norconsult Informasjonssystemer AS (NOIS) har sammen med Bygganalyse (eier 1/3 av programmet) utarbeidet programmet ISY Calcus (Solberg, 2011). Norconsult Informasjonssystemer er heleid av Norconsult AS og har i skrivende stund rundt 120 ansatte med en årlig omsetning på ca. 120 millioner NOK. NOIS har over 2500 bedrifter og over 10 000 brukere som sine kunder der selskapets mål er å tilby helhetlige IT-løsninger for prosjektering, bygging og forvaltning av infrastruktur og eiendom. (Norconsult Informasjonssystemer a), 2011)

## 9.2 Introduksjon av ISY Calcus

Programmet ISY Calcus har satt en ny standard for vurderinger i tidligfasen, analyser og kostnadsstyrt prosjektutvikling der programvaren lar aktører jobbe med en levende kostnadsmodell fra idéstadiet til slutten av detaljprosjekteringen. Calcus er basert på 1 500 ferdige elementer og tusenvis av enhetspriser, basert på NS 3420, med inkluderende materialkostnad og enhetstider. Programmet har også mulighet for å overføre elementer med mengdeposter og eksportere IFC-data direkte til ISY G-prog beskrivelse som grunnlag for anbudsbeskrivelsen eller ISY ByggOffice for ressurskalkyle og produksjonsoppfølging. (Norconsult Informasjonssystemer b), 2012)

Calcus er i hovedsak utviklet på bakgrunn av målet om å få en hurtig oversikt over et prosjekt som grunnlag for tidligfasevurderinger. Programmet fungerer også som et godt kommunikasjonsverktøy gjennom utviklingsfasen av et prosjekt og kan, gjennom blant annet prosjekteringsmøter, gi relativt hurtige avklaringer på spørsmål som dette: (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

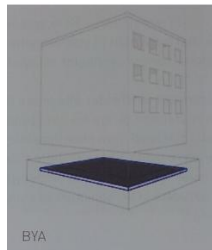
- Hva skjer hvis vi reduserer stål og glass i fasaden med 10 prosent?
- Hvor stor andel av prosjektets totalkostnad er knyttet til grunnarbeidet?
- Hva koster bygget pr. m<sup>2</sup>?
- Hva blir kostnadsforskjellen ved åpent landskap vs. cellekontorer?
- Hva er de viktigste kostnadsdriverne i prosjektet?
- Hvilken innvirkning har prosjektets geometri på kostnadene?

Kostnads kalkyler har aldri vært en eksakt vitenskap og har alltid vært preget av skjønn i mange sammenhenger. Selv om skjønn er en del av de kalkylemessige beslutningene er det viktig å få mest mulig samsvar mellom planer/budsjett og endelig produkt/kostnad i et prosjekt. God prosjektøkonomi betyr ikke et utelukkende fokus på investeringskostnad. Det primære er at prosjektet utvikles innenfor avtale rammer slik at byggets utforming og funksjoner er i stand til å løse de fastsatte oppgavene bygget har i samfunnet. Det er også sentralt å begrense framtidige driftsbudsjett i et prosjekt. God økonomi for eksempelvis en skole betyr lave drift- og vedlikeholdskostnader. Hvordan et prosjekt gjennomføres påvirker også sluttkostnaden og er en annen side av kostnadsbildet som bør vies oppmerksomhet. Spesielt er dette sentralt i forhold til vurdering av usikkerheter i prosjekter. (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

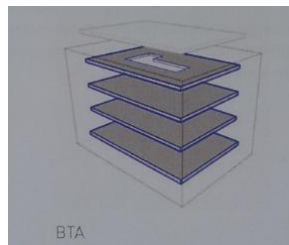
### 9.3 Calcul sine styrende parametere

Calculus sine tidligfasevurderinger er oppbygd i hovedsak på 8 ulike styrende parametriske/geometriske verdier. Disse 8 tallene er de som styrer mesteparten av prosjektets kostnader (Norconsult informasjonssystemer, 2010). De fleste av verdiene er knyttet til arealmålinger og måles etter NS3940 (Norconsult Informasjonssystemer, 2009). Nedenfor vises en beskrivelse med tilhørende skisser av de parametriske verdiene (Norconsult informasjonssystemer, 2010):

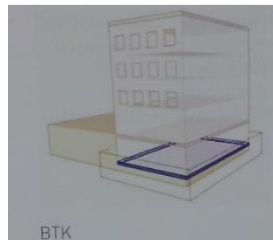
- **BYA – bebygd areal** beregnes etter byggets «fotavtrykk», det vil si det arealet som bygningen opptar av terrenget.



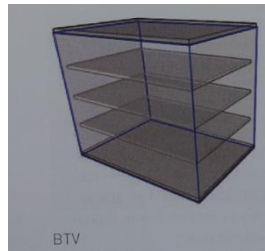
- **BTA – bruttoareal** er summen av en bygningens bruttoareal for alle plan, og skal medta plan både under og over terreng. BTA beregnes fra utside kledning på yttervegg. I bruttoarealet inngår funksjonsareal, kommunikasjonsareal, teknisk areal og konstruksjonsareal.



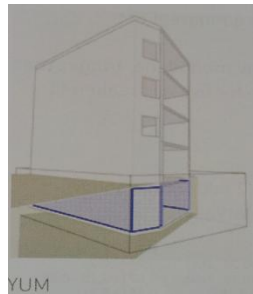
- **BTK – bruttoareal kjeller** er hele bygningens areal under marknivå målt til ytterveggenes utside. Dette inkluderer boder i og utenfor leiligheten. Det er viktig å merke seg at BTK skal inkluderes i beregningen av sum BTA for et bygg.



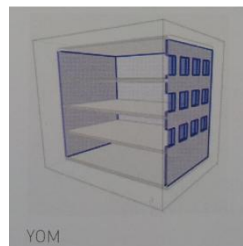
- **BTV – bruttovolum** er hele bygningens areal målt til ytterveggenes utside multiplisert med høyden av bygget. Høyden måles fra underkant gulv på grunn til underkanten av takkonstruksjonen.



- **YUM – yttervegg under mark** er brutto veggareal under marknivå.



- **YOM – yttervegg over mark** tilsvarer brutto veggareal over marknivå. Ofte er det hensiktsmessig å oppgi konstruksjonsdeler i ytterveggen som en prosentandel av YOM, for eksempel 30 prosent vindu i fasaden ( $YOM \times 0,3$ ).



- **INV – innervegg** er brutto veggareal av innvendige vegger.
- **UMA – utvendig mark** er opparbeidet utendørs areal.

#### 9.4 Faktorer som avgjør kostnaden i et prosjekt

Når de involverte aktørene i et prosjekt er blitt enige om sted og tomt er det de gjenstående og sentrale parameterne for kostnaden i et prosjekt følgende: (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

- Byggets program, areal og funksjon.
- Løsningens arealeffektivitet, B/N-faktor (brutto-/nettofaktor). Dette er forholdet mellom bruttoareal som kan leses av plantegningene og programarealet – uttrykt med B/N-faktor.
- Løsningenes geometri (inkl. utomhusområder) og standard eller kvalitet (materialbruk).

I tillegg til disse beskrevde forhold kommer andre, i varierende grad, påvirkelige forhold som det ikke er så lett å kvantifisere direkte: (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

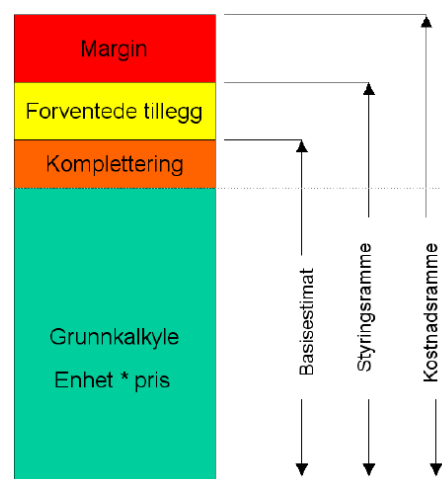
- Forskjellige samarbeidsforhold mellom de involverte aktørene.
- Valg av anbuds-, kontraktstrategi og entreprisform.
- Kontroll, HMS og kvalitetssikringsarbeid (KS-arbeid) i alle ledd fra programarbeid til ferdigstillelse.
- Infrastruktur som kan berøre byggets umiddelbart nære omgivelser (veikryss, fotgjengerveier, -underganger og -overganger).
- Markedsituasjonen (entreprenørmarkedet).

Også rammesettende forhold påvirker kostnadene i et prosjekt. Dette kan for eksempel være gjeldende lovverk for nybygg og ombygging med tilhørende forskrifter (Plan- og bygningsloven, Teknisk forskrift 2010 og Arbeidsmiljøloven).

Disse forhold setter rammer for utforming av prosjektet, og er bare i liten grad påvirkelige. (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

### Totalbudsjett

Normalt i et byggeprosjekt skal prosjektgruppen (arkitekt, RIB, RIV og landskapsarkitekt m.fl.) levere et basisestimat for kostnadene i prosjektet samt gi et estimat på forventede tillegg. Dersom prosessen frem til endelig tildeling av budsjett foregår som en kombinasjon av kalkyler og usikkerhetsanalyser vil dette bidra til å unngå dobbeltkalkulering samt redusere glemte kostnadsbærere. Nedenfor vises oppbygningen av et totalbudsjett. (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)



Figur 350 Oppbygningen av et totalbudsjett (Norconsult informasjonssystemer, 2010 ).

## **Grunnkalkyle**

Grunnkalkylen er summen av alle sannsynlige anslag og inkluderer ikke tillegg for usikkerheter. Denne kalkylen har som oppgave å dekke de identifiserte fysiske delene som inngår i kalkylen med de beskrevde forutsetninger som ligger til grunn. Som man kan se av figuren på forrige side inneholder grunnkalkylen ingen systematisk påslag for komplettering, forventede tillegg og prosjektmargin. (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

## **Basisestimat**

Basisestimatet inkluderer komplettering av de fysiske delene som inngår i grunnkalkylen og skal med det gi et tilnærmet komplett kalkylegrunnlag. Kompletteringen skal dekke opp ikke-identifiserte kostnader/forhold som ikke lar seg spesifisere på kalkylestadiet og som man vet ved tidligere erfaring vil komme. Dette er forhold som ikke direkte kan kalkuleres fra foreliggende prosjektbeskrivelse og –tegninger. Kompletteringen vil bli vurdert av kalkulatørene på det gitte fagfeltet og bør synliggjøres. Dersom kompletteringen er en innbakt del av grunnkalkylen (grunnkalkylen tilsvarer basisestimatet) må kalkulatørene presisere dette i kalkylematerialet. (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

## **Styringsramme**

Styringsrammen, også kalt referanseestimat, tar også høyde for forventede tillegg. Dette tillegget skal dekke opp forhold som ikke er medtatt på kalkylestadiet. Styringsrammen utgjør summen av prosjektets forventede kostnad og baserer seg på usikkerhetsanalyser for å kvantifisere det forventede tillegget. (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

## **Kostnadsramme**

Kostnadsrammen inkluderes på grunnlag av uforutsette hendelser som kan oppstå i gjennomføringen av et prosjekt. Denne tilleggsposten kalles prosjektmargin og er en pengesum det forventes at prosjektet ikke skal disponere. Prosjektmarginen skal også være en vanskelig pengesum å få tak på til bruk i prosjektet, der bedriften må etablere regler for hvordan pengene skal håndteres i nødstilfeller. (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

## **9.5 Muligheter og funksjoner i Calcus**

Så lenge man ikke benytter seg av BIM/IFC i Calcus vil programmet ta utgangspunkt i de 8 innlagte og styrende parametriske/geometriske verdiene som er beskrevet tidligere. På den måten kan programmet i en tidlig fase estimere en overslagskostnad for bygget. Calcus vil, med utgangspunkt i de 8 verdiene, kalkulere det valgte bygget (eks. boligbygg, skole, hotell og restaurantbygg, helsebygg osv.) som et gjennomsnittsbygg med tanke på prisnivå (Solberg, 2011).

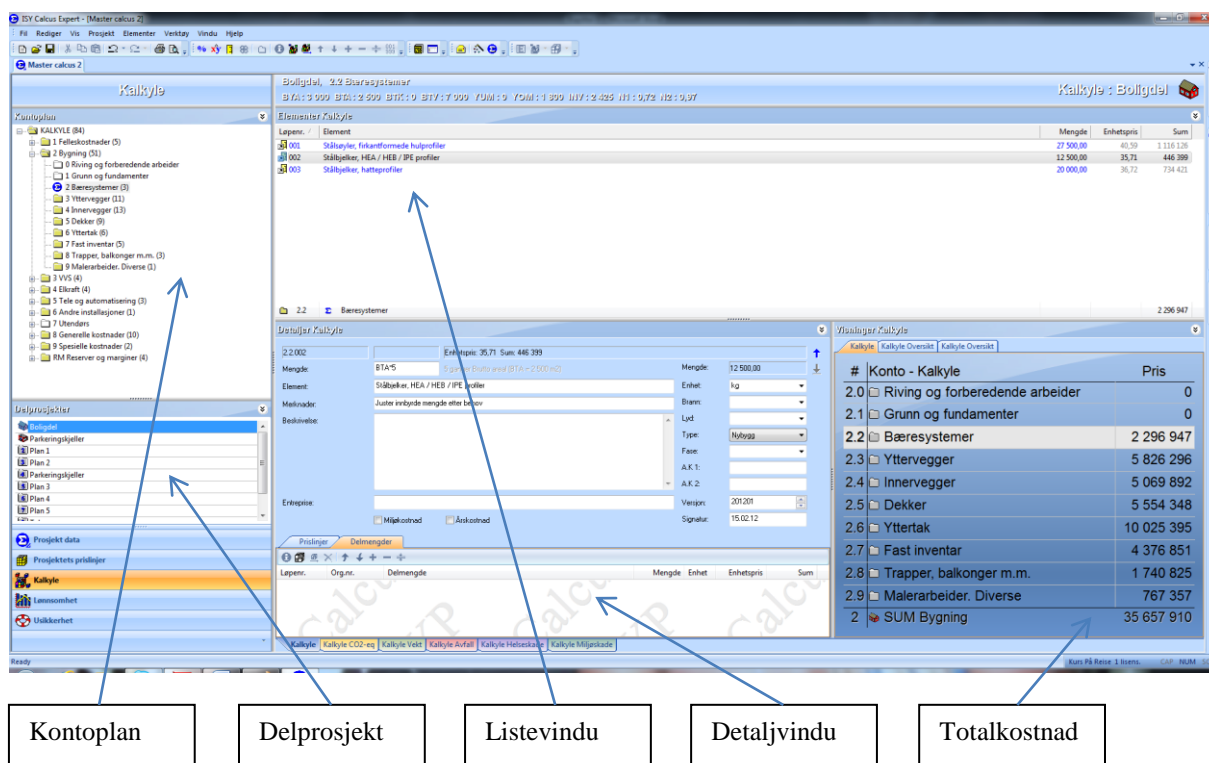
Kalkylens tilhørende mengder vil da sette opp som prosentanslag av de parametriske verdiene. Et eksempel på det kan være kalkuleringen av betongytterveggen over mark i en



boligblokk som automatisk vil settes som for eksempel 8,5 prosent av totalt areal innlagt som YOM. Dette kan sees ved å holde musepilen over elementet i kalkylen. Calcus bruker for øvrig samme grunnlag/system som Norsk Prisbok.

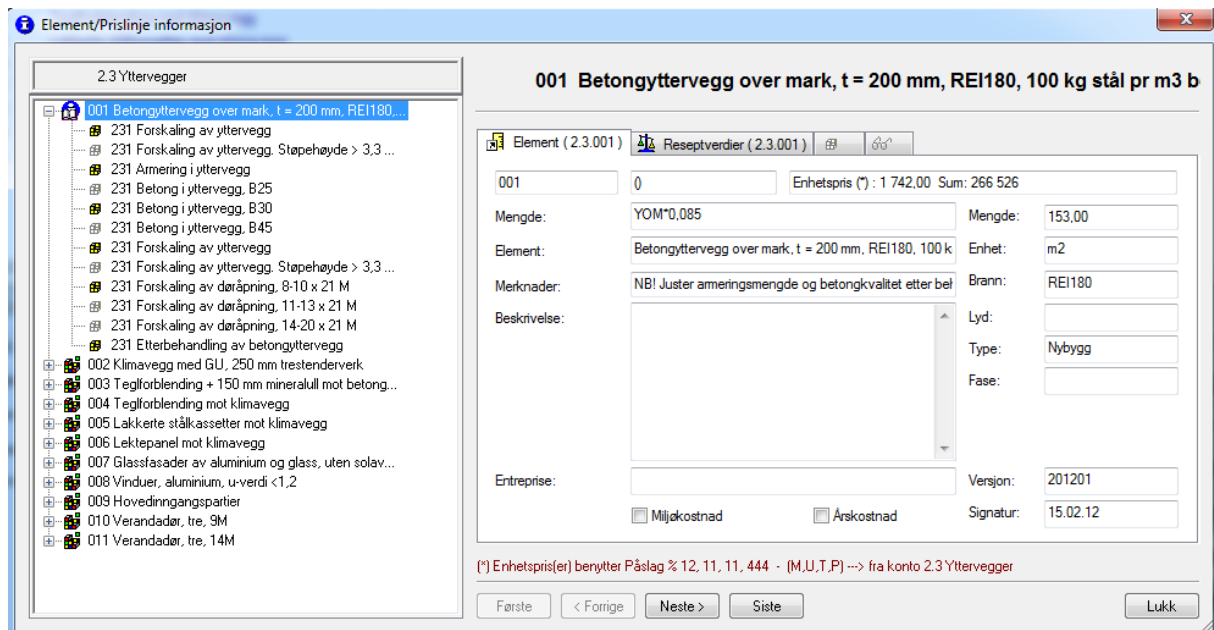
Hovedskjermbildet i Calcus er vinduet som vises ved prosjekttoppstart. Til venstre i vinduet kan man se oversikten over alle delprosjektene som er lagt inn, og det kan fortløpende legges til nye delprosjekt i dette feltet. Over delprosjektene vises kontoplanen der strukturen er felles for hele prosjektet. Kontoplanen er oppbygd etter NS 3451 Bygningsdelstabellen.

Listevinduet viser alle innlagte element i den aktive kontoen i kontoplanen. Typisk informasjon for et element er mengde, navn på elementet, enhet etc. Detaljvinduet viser alle prislinjene for det aktive elementet i listevinduet. Informasjon om prislinjer er navn, enhetspris, NS-kode, fritekst, materialpris, enhetstid m.m. Nederst til høyre vil man alltid kunne holde oversikten over den totale kostnaden for prosjektet, enten som helhet eller fordelt på hvert delprosjekt.



Figur 361 Hovedskjermbildet i Calcus.

Videre er det vist et detaljvindu for både listevinduet og detaljvinduet. Dette for å gi et dypere innblikk i hvordan et element fra kontoplanen er bygd opp samt hvordan prislinjene tilknyttet hvert element i listevinduet er bygd opp i detaljvinduet. Det viste detaljvinduet fås ved å dobbeltklikke på et element i listevinduet.



Figur 372 Detaljvindu for element- og prislinjeoppbygging.

Dette vinduet viser i detalj hvordan et element (i dette tilfellet en betongyttervegg over mark) er bygd opp. Elementet er det samme som beskrevet tidligere i dette kapitlet og ligger under fagkapittel 2.3 *yttervegger* i kontoplanen. Her vil fagkapittel 2 alltid stå for bygning, mens 3 videre indikerer bygningens yttervegg. Mengden av denne veggen baserer seg på den innlagte verdien YOM og settes som sagt automatisk til for eksempel 8,5 prosent av total YOM. Dette tallet er fastsatt på bakgrunn av tidligere erfaringstall med en gjennomsnittlig kvalitet. Videre til venstre i vinduet vises elementets underliggende prislinjer der alle komponentene for å bygge denne type yttervegg er medtatt. Dette er blant annet forskaling, armering og ulike betongkvaliteter.

Elementregisteret som installeres sammen med Calcus er skrivebeskyttet slik at elementer og prislinjer ikke kan slettes eller endres. Elementene kan derimot kopieres fra Calcus' standardregister til eget prosjektregister der de kan redigeres fritt. Alle kolonner er sorterbare slik at man kan sortere etter NS-kode-pris etc. (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

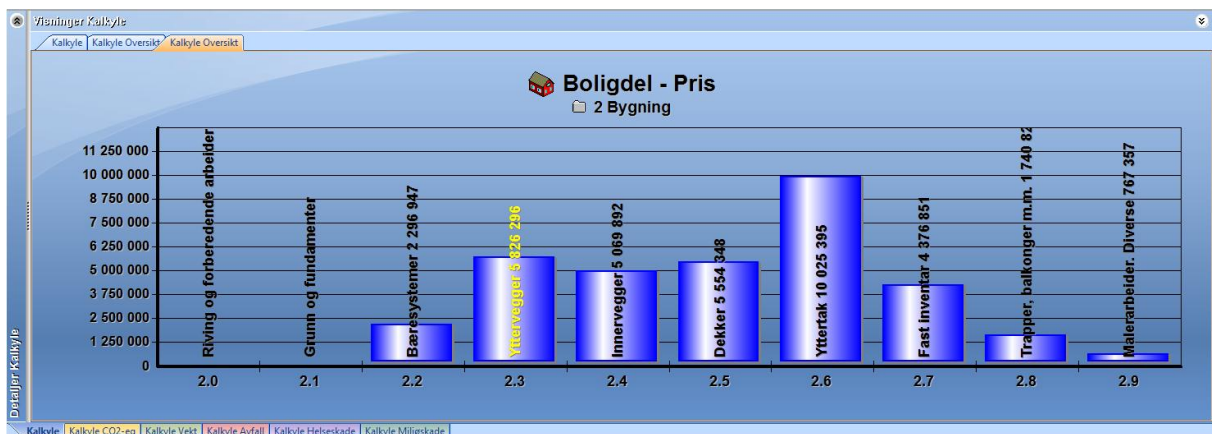
## Rapportvindu

Som sagt tidligere har Calcus et eget vindu som kontinuerlig visualiserer den totale prosjektkostnaden. Rapporten kan enten vises i tabellform eller grafisk. I dette vinduet sammenlignes også total kostnaden på bygget som er selvkalkulert av Calcus (malprosjektet) og postene innlagt i IFC-filen av samme type bygg og med samme størrelse. Dette vises i figuren under. Grunnen til at total kostnaden for IFC-prosjektet er null ligger i at elementene/objektene som ligger i IFC-filen enda ikke er tilknyttet prislinjer. IFC-filen vises som en etasjedeling der det er inndelt fra parkeringskjeller i bunn og opp til og med tak over

5.etasje. Rapportvinduet viser også kostnadene i prosjektet fordelt på underkapitler etter programmets kontoplan.

#	Konto - Kalkyle	Boligdel	Parkeringskjeller	Plan 1	Plan 2	Parkeringskjeller	Plan 3	Plan 4	Plan 5	Tak	Tak teknisk	Pris
2.0	Riving og forberedende arbeider	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.1	Grunn og fundamenter	0	3 489 759	0	0	0	0	0	0	0	0	3 489 759
2.2	Bæresystemer	2 296 947	1 309 194	0	0	0	0	0	0	0	0	3 606 141
2.3	Yttervegger	5 826 296	1 438 230	0	0	0	0	0	0	0	0	7 264 526
2.4	Innervegger	5 069 892	1 079 109	0	0	0	0	0	0	0	0	6 149 001
2.5	Dekker	5 554 348	2 373 019	0	0	0	0	0	0	0	0	7 927 366
2.6	Yttertak	10 025 395	1 953 030	0	0	0	0	0	0	0	0	11 978 425
2.7	Fast inventar	4 376 851	346 406	0	0	0	0	0	0	0	0	4 723 257
2.8	Trapper, balkonger m.m.	1 740 825	155 925	0	0	0	0	0	0	0	0	1 896 750
2.9	Malerarbeider. Diverse	767 357	268 573	0	0	0	0	0	0	0	0	1 035 930
2	SUM Bygning	35 657 910	12 413 245	0	0	0	0	0	0	0	0	48 071 156

Figur 383 Prosjektets totalkostnad i tabellform.



Figur 394 Prosjektets totalkostnad som grafisk fremstilling.

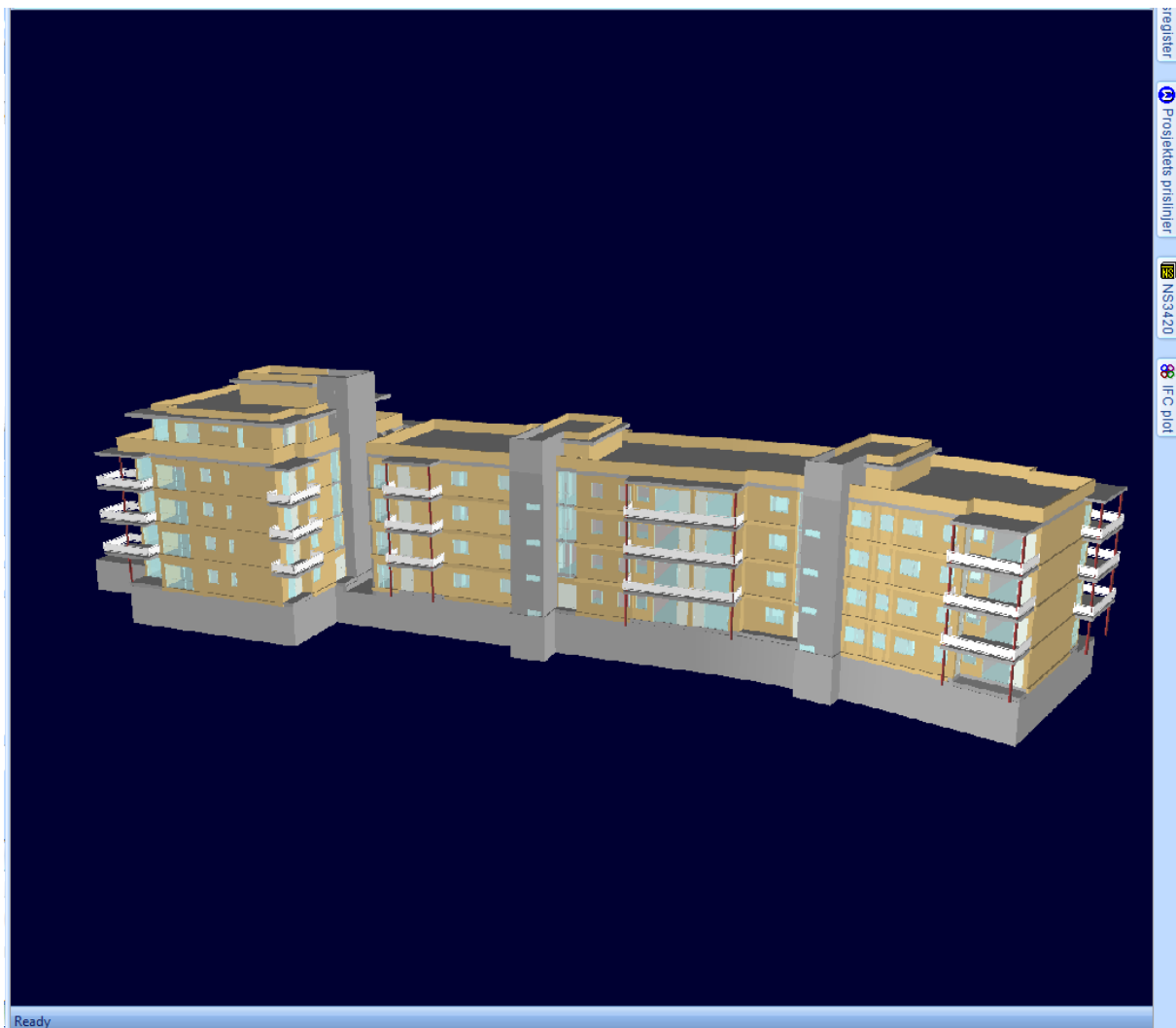
## 9.6 BIM i Calcus

IFC som en åpen utvekslingsstandard gjør det mulig å dele data og BIM-informasjon på tvers av ulike fag og programvarer. Denne teknologien omtales ofte som BuildingSMART-teknologi. Norconsult informasjonssystemer sitt fremste BIM/IFC-verktøy er ISY Calcus og som bruker av verktøyet vil man ha mulighet til blant annet å: (Norconsult Informasjonssystemer, 2009)

- Hente inn nøyaktige mengder og detaljert informasjon om de modellerte objektene fra en DAK-/CAD-modell.
- Koble objektene til kalkyleelementer og tilhørende prislinjer.
- Se modellen grafisk i 3D med mulighet til å seksjonere bygget.

Flere modelleringsprogram som blant annet Revit og ArchiCAD kan eksportere det modellerte materialet til IFC-formatet og filen kan så importeres i Calcus, klar til kalkulasjon av bygget.

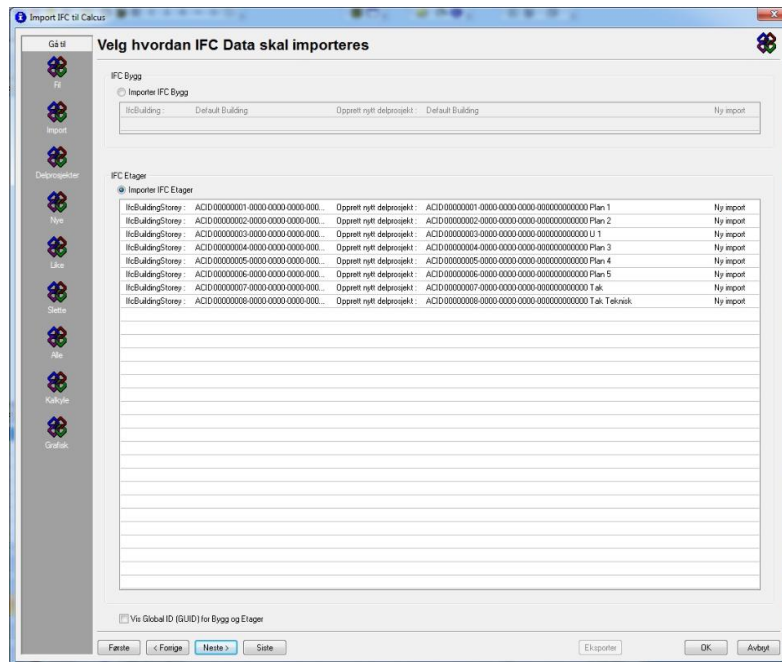
Modellen som brukes i dette casearbeidet er som sagt en middels stor boligblokk på 5 etasjer med tilhørende parkeringskjeller. Navigeringsmulighetene i IFC-modellen er gode og både rotasjon, zooming og endring av visningspunkt gjøres kun ved hjelp av musen. Man har også mulighet for å markere ulike objekt i modellen ved å klikke på de med et enkelt museklikk. Man vil da oppleve at det aktive objektets forekomster markeres rødt, mens resten av modellen blir «gjennomsiktig». Objektets delmengder vil vises i detaljvinduet, der man kan se hver enkelt forekomst av objektet samt hvor det er lokalisert i bygget. Modellen som brukes i casearbeidet med Calcus vises i figuren under.



Figur 405 Boligblokk til bruk i casearbeid med Calcus.

### 9.6.1 Seksjonering og implementering av IFC-objekt

Når man mottar en .ifc-fil eksempelvis fra en arkitekt kan en velge om man vil importere hele bygget som et prosjekt eller importere bygget som ulike delprosjekt (etasjevis). Å importere filen som flere delprosjekt kan være nyttig for å øke sporbarheten i prosjektet samt se hvordan kostnadene fordeler seg etasjevis i bygget. Hvordan man deler IFC-filen opp i ulike delprosjekt i Calcus er vist i figuren under.



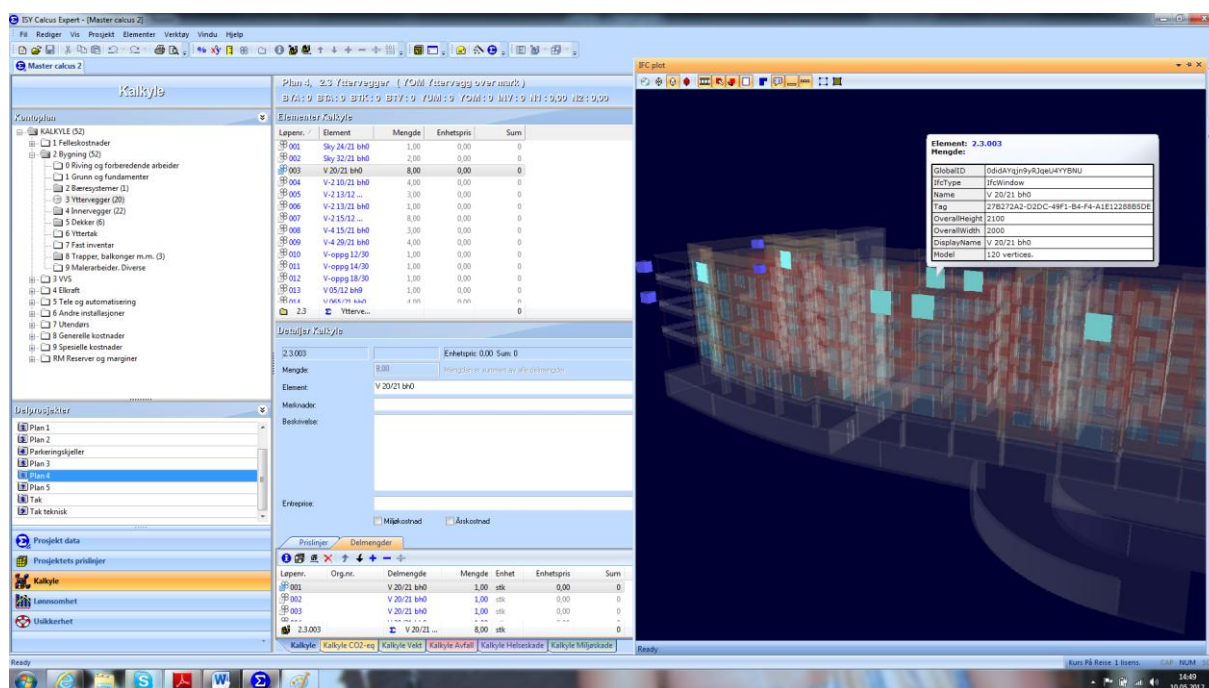
Figur 416 Inndeling av IFC-filen i ulike delprosjekt.

Etter at man har valgt på hvilken måte man vil importere bygget inn i Calcus vil en få opp et vindu som viser oversikten over importerte IFC-objekt med IFC-navn, -Type og -Subtype. Basert på IFC-type er objektene foreslått koblet til kontoer slik at IFC-Slab automatisk havner i kapittel 2.5 *Dekker*, og IFC-Wall havner i kapittel 2.3 *Yttervegg* eller 2.4 *Innervegg* avhengig hvilken type vegg det er. Allerede i denne fasen kan man linke prislinjer til hvert enkelt objekt i IFC-filen (Norconsult Informasjonssystemer, 2009).

Ved senere tilføring av nye IFC-objekt vil man holde oversikten over tilførte/subtraherte mengder gjennom et objektregnskap, slik at man kontinuerlig har oversikt over hva som er tilført eller subtrahert av mengder i modellen. Endringer som gjøres i IFC-modellen må gjennom hele prosessen kunne rapporteres tilbake til de involverte aktørene i hver enkelt prosess. Dette gjøres gjennom et format kalt BCF (BIM Collaboration Format) som er en funksjon for brukere av BIM-applikasjoner for å kommunisere spørsmål og henvise de til spesifikke objekter i IFC-modeller (CAD-Q, 2012).

### 9.6.2 Informasjon fra en IFC-fil og objektenes tilhørende informasjon

Ved å velge et bestemt kapittel fra kontoplanen vil alle element/objekt i dette kapitlet vises med tilhørende mengde. Ved å velge Vis → IFC data fra verktøylinjen for en enkelt objekttype vil man få opp modellen der det vises grafisk hvor objektene i dette kapitlet er plassert i bygget. Objektene vil da markeres med en bestemt farge (i dette tilfellet turkis), mens resten av modellen forblir «gjennomsiktig». Her er det valgt kapittel 2.3 *Yttervegger* og videre en bestemt vindustype. Ved å holde musen over et bestemt IFC-objekt i modellen vil all info knyttet til objektet vises i en «boble». Dette er informasjon om blant annet objektets Global-ID, IFC-Type, navn og geometri. Det som er beskrevet over vises i figuren under.



Figur 427 Objektinformasjon i IFC-filen.

### 9.6.3 Sammenhengen mellom malprosjekt og BIM

Ved å benytte seg av Calcus uten bruk av BIM ligger oppskriften i å gå igjennom kontoplanen og vurdere tilskudd/fjerning av enkeltposter. Dette må gjøres på bakgrunn av byggets spesifikasjoner da den opprinnelige kontoplanen er utarbeidet som et gjennomsnittsbygg uten videre tilpasninger. Når man importerer en IFC-fil inn i Calcus vil modellprosjektet og malprosjektet holdes separat som forhindrer «dobbelkalkulasjon» av prosjektet. Likevel er malprosjektet en god støttespiller under kalkulasjonen av en BIM, både fordi den fungerer som en sjekklister for modellerte objekt i IFC-filen, men også som et kompletteringsverktøy for å legge inn ikke-modellert informasjon til modellen. Hvor mye som må kompletteres fra malprosjektet er avhengig av BIM'ens detaljeringsgrad.

### 9.6.4 BIM-kalkulasjon i Calcus

Når kalkulatørene mottar en BIM til bruk i kalkulasjonsprosessen vil objektene i modellen allerede ha tilknyttet informasjon. Ofte er BIM-leveransene velmodellert, men forekommer i stor grad som en usystematisk struktur der objektene organisering i modellen ikke er oppbygd på en logisk måte i forhold til et kalkyleoppsett. Modellene oppnår likevel en god sporbarhet i Calcus slik at det gjør det mulig for kalkulatørene å kontrollere postene samt organisere informasjonen mot sin egenvalgte struktur. Dette kan gjøres ved å klikke seg systematisk gjennom objektene i modellen for å etablere gode objektbeskrivelser. Under vises listevinduet (fagkapittel 2.4 *Innervegger*) i case-prosjektet der de opprinnelige beskrivelsene fra arkitekten i ArchiCAD foreligger.

Løpnr.	Element	Mengde	Enhetspris	Sum
001	Balkongder09/21	10,00	0,00	0
002	Balkongder10/21	3,00	0,00	0
003	ID1	49,00	0,00	0
004	ID2	3,00	0,00	0
005	ID4	9,00	0,00	0
006	SD1	2,00	0,00	0
007	SD1 m/sidefelt	1,00	0,00	0
008	SD2 06/21	2,00	0,00	0
009	B	367,11	0,00	0
010	BTA Etasjadrift	687,95	0,00	0
011	FE	250,47	0,00	0
012	P	2 119,62	0,00	0
013	BN4	106,53	0,00	0
014	BYV2	76,27	0,00	0
015	IV1	336,35	0,00	0
016	IV2	234,90	0,00	0
017	IV4	264,34	0,00	0
2.4 Innervegger				0

Figur 438 Beskrivelse av objekt/element i arkitektens modell.

Når alle postene i kontoplanen for IFC-modellen er gjennomarbeidet vil prosjektet være klart til å underbygge hvert objekt med tilhørende resepter. Nedenfor vises hvordan en del av en ferdig organisert kalkyle kan utarte seg i kapittel 2.4 *Innervegger*. Kalkylen forholder seg fortsatt til listevinduet for fagkapittel 2.4 *Innervegger* og viser innerveggene av type «100 mm bindingsverk av stål isolert» i 3. etasje.

Løpnr.	Element
001	Balkongder09/21
002	Balkongder10/21
003	Innerdør type 1
004	Innerdør type 2
005	Innerdør type 3
006	Innerdør type 4
007	Innerdør type 5 (m/sidefelt)
008	Innerdør type 6
013	220 mm betongbærende innervegg
014	200 mm betongbærende innervegg
015	100 mm innervegg, bindingsverk av stål isolert

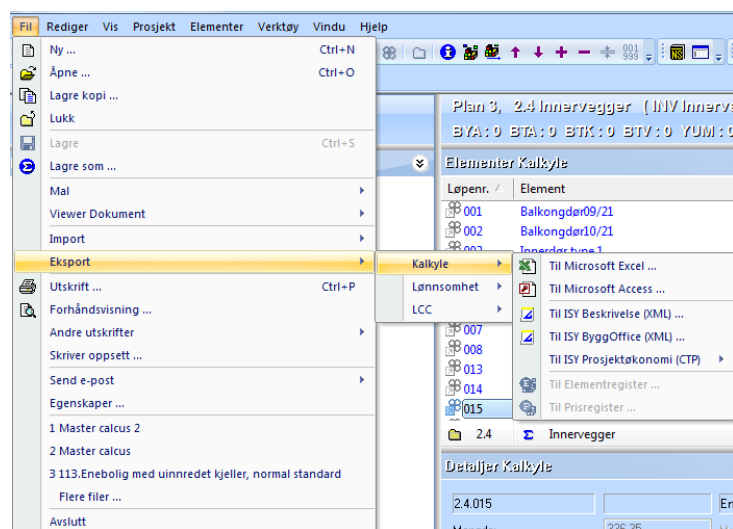
Element: 2.4.015	
Mengde:	
GlobalID	2VxctbYtrSPBKjyPHHIN4U
IfcType	IfcWallStandardCase
Name	IV1
Tag	9FEE6DE5-8B7D-4564-B5-3C-B594518D711E
DisplayName	IV1
Model	24 vertices.
Materiale	100mm - Bindingsverk av stål isolert

Figur 49 Ferdig organisert kalkyle i fagkapittel 2.4, Innervegger.

Videre i kalkulasjonsprosessen må man bygge opp resepter på de ulike objektene i modellen. Dette vil gi kalkulatørene innsikt i hvordan lagdelingen og delmengdene i objektene fremgår. For å knytte kalkyldata til for eksempel innerveggene må det finnes relevante element i elementregisteret. Når passende element er funnet fra elementregisteret må de dras over til IFC-objektet. Når elementene er dratt over vil man kunne se at objektet har fått tilknyttet pris. Samtidig som objektet nå fremstår med en pris i kalkylen vil også prisinformasjonen oppdateres i 3D-modellen. Innerveggene som da har fått innlagt prisinformasjon vil vises som «solid» og ikke lenger gjennomsiktig i modellen. På denne måten har man god kontroll på elementene som er kalkulert og de som ikke er det. I denne prosessen er det også viktig å legge den geografiske plasseringen av objektene i forhold til et aksesystem inn i reseptene. Dette skaper en bedre sporbarhet og gjør det lettere å finne fram til hvor de ulike bygningsdelene skal ligge i bygget. Reseptene som etter hvert bygges opp vil til slutt fungere som ferdige poster i BIM-kalkylen.

Når postene er organisert på en hensiktsmessig måte med tilhørende resepter gjenstår arbeidet med å kalkulere kalkylen. I denne fasen vil aktøren som kalkulerer prosjektet ikke være avhengig av å ha tilgang til modellen, slik som er uunnværlig i arbeidet med modellens organisering og objektene reseptoppbygging. Kalkulatøren vil forhåpentligvis ha mottatt en god og presis beskrivelse slik at dette ikke blir nødvendig. Likevel kan kalkulatøren bruke modellen som en støttefunksjon i forhold til objektene lokasjon i bygget.

Calcus har også mulighet til å eksportere kalkyldata til flere ulike format. Disse formatene er blant andre ISY G-PROG Beskrivelse, ISY ByggOffice eller Microsoft Excel. Eksporteringen av kalkyldataen til for eksempel G-PROG Beskrivelse vil inneholde kontoplan, geometriske verdier, elementer og prislinjer med NS-koder, mengder og priser. Ved å eksportere kalkylen på denne måten har man nesten en ferdig prosjektbeskrivelse med en liten arbeidsinnsats.



Figur 440 Eksport av kalkyldata i Calcus.



## 10. På hvilken måte kan BIM-kalkulasjon bidra til en bedre kalkulasjonsprosess i MajaTeknobygg?

Hovedformålet med denne delen av oppgaven er å gjennomføre en diskusjon om hvordan BIM-kalkulasjon kan bidra til en bedre kalkulasjonsprosess i MajaTeknobygg. Drøftingen baserer seg på beskrevet teori i oppgaven, MajaTeknobyggs gjeldende anbuds- og kalkulasjonsprosess, casearbeid med Calcus samt eget arbeid med kalkulasjon i bedriften.

Implementeringen av BIM i MajaTeknobygg er helt i startfasen. Frem til nå har BIM (import av IFC-modeller til Calcus) i hovedsak blitt brukt i tidligfasen for å anslå et kostnadsestimat på ulike prosjekt. Bruk av BIM i forbindelse med kalkulasjon og mengdeberegning er i 2012 et av hovedmålene for MajaTeknobygg å få realisert. I en slik implementeringsfase tror jeg det blir det viktig for bedriften både å tenke interne prosesser (intern samhandling, valg av kalkulasjonsverktøy, kalkulasjonsprosessens organisering etc.), men også samspillsprosesser med eksterne aktører for å skape en helhetlig kalkulasjonsprosess med BIM. Det hjelper fint lite hvis man har klart å skape en velfungerende intern BIM-prosess så lenge tilhørende aktører i prosjektet ikke klarer å levere sine leveranser på lik linje. Dette vil, for MajaTeknobygg, blant annet bestå i å utarbeide kravspesifikasjoner (IDM) til de som er med i modelleringsfasen i prosjektet samt kreve produkt-/objektspesifikasjoner fra leverandørene i form av et objektbibliotek som også kan benyttes som FDV-dokumentasjon. Det blir også viktig for MajaTeknobygg å kartlegge nye grensesnitt for å klarlegge ansvars- og risikoforhold så tidlig som mulig i prosessen.

### 10.1 Sammenligning av beskrevet teori, modeller for BIM-kalkulasjon og MajaTeknobyggs kalkulasjonsprosess

#### Tidligfase- og elementbasert kalkulasjon

Som sagt tidligere bruker MajaTeknobygg arealprismetoden (elementprismetoden i Calcus) i tidligfasen av et prosjekt. Prisene som legges til elementene i kalkylen er enten arealpriser basert på erfaringstall eller priser fra prisbanken som ligger tilgjengelig i Calcus. Calcus vil i sin utarbeidelse av en prosjektkalkyle basere seg på elementprismetoden som vil resultere i en bedre detaljeringsgrad enn arealprismetoden. Prisregisteret i Calcus representerer prislinjer som er basert på priser fra Østlandsregionen, og det gjøres da pristilpasninger mot markedet i MajaTeknobyggs operative område for å oppnå et mest mulig realistisk estimat. Prisene i Midt-Norge vil ofte ligge noe lavere sammenlignet med prisene som er gjeldende på Østlandet. Arealprismetoden er kun en metode for å gjøre grove overslagskalkyler og vil dermed ikke gi en detaljrik kunnskap om ulike poster i anbudskalkulasjonen. Likevel fungerer denne metoden som en god tilnærming til et kostnadsestimat i tidligfasen fordi tilgjengelig prosjektinformasjon på dette stadiet i prosjektet er relativt minimal.

Det er tidligere i MajaTeknobygg gjort forsøk på å etablere egne prisbanker/prisdatabaser til bruk i tidligfaseestimering av prosjekter. Dette er enda en utfordring bedriften står ovenfor der det fortsatt ikke eksisterer et fast lagringssystem for hvilke priser som benyttes i tidligfasen av et prosjekt. Dette vil være like gjeldende om det er snakk om en tradisjonell eller en BIM-basert kalkulasjonsprosess.

I tidligfasen av et BIM-prosjekt vil det også, som i en tradisjonell prosess, kun foreligge mengder som er tilknyttet arealer og volumer av bygget. Mengdene kan da uthentes som romobjekt eller ordinære geometriske verdier (løpemeter, arealer eller volumer). Denne mengdeberegningsprosessen vil da enten basere seg på nøkkeltall eller rombasert mengdeuttak. I denne fasen av prosjekteringen blir det viktig å kartlegge om for eksempel dekkemengdene hentes fra romobjekter eller rommets flateareal, men også fra hvilken modell mengdene hentes fra. Dette blir særdeles viktig for å unngå dobbeltkalkulasjon i prosjektet. Det bør også etableres en seksjonsstruktur i modellen slik at det tidligst mulig kan avdekkes hvordan kostnadene fordeler seg i bygget og hva som viser seg å være de største kostnadsdriverne. Dette vil være et meget godt hjelpemiddel for å oppnå en kostnadsstyrt prosjektering. I tidligfasen av et BIM-prosjekt vil det påløpe ekstra kostnader som et resultat av en større og bedre informasjonsmengde i prosjektet. Mesteparten av ekstrakostnaden som påløper kommer av at det må modelleres mer informasjon på et tidligere stadie sammenlignet med et tradisjonelt 2D-basert prosjekt. Det vil da bli avgjørende for kalkulatørene å kreve et system i modellen som indikerer bestemmelsesgraden av de modellerte objektene gjennom prosjektets forløp. Det må alltid modelleres konkrete objekt tidlig i modellen selv om objektenes rolle kan være fra kun ren visuell betydning til avgjort plassering og oppbygning.

BIM-kalkulasjon vil etter hvert kunne baseres på bygningselement der kalkylen utarbeides på grunnlag av bygningselementobjektene i modellen. Denne metoden er betydelig mer presis i forhold til mengdeberegning med nøkkeltall eller rombasert mengdeuttak, men kalkulatørene har i denne metoden fortsatt ingen informasjon om hvordan hvert enkelt objekt er oppbygd.

### **Detalj-kalkulasjon**

Ettersom prosjektet utvikler seg og informasjonen berikes i prosjektet etablerer MajaTeknobygg kalkyle i ByggOffice. Her vil detaljprismetoden være den gjeldende kalkulasjonsmetoden. Dette er et kalkyleprogram som opererer etter «bottom-up-prinsippet» der elementenes oppbygning med tilhørende underposter utarbeides av kalkulatørene og som medfører at usikkerheten i kalkylen holdes på et relativt kontrollert og respektabelt nivå. Når prosjektet er inne i detaljkalkulasjonen vil dette fungere som en metode for et grundig og gjennomarbeidet prisgrunnlag der prisene baserer seg på NS3420 eller NS3421.

I tilsvarende fase i et BIM-prosjekt vil kalkulasjonen av prosjektet operere etter en elementbasert mengdeberegning der mengdene baserer seg på objektene i modellen med

tilhørende lagdeling (sjikt). Det må i denne fasen, ved bruk av openBIM, innføres et standardisert norsk objektbibliotek (IFD) som kan knytte de modellerte objektene mot en prisdatabase. Norsk Standard er i skrivende stund inne i sin utarbeidelse av dette der objektbiblioteket standardiseres på bakgrunn av gjeldene standarder i dagens tradisjonelle kalkulasjonsprosess. I forhold til hva NS 8360 vil erstatte av de gjeldende standardene i kalkulasjonsprosessen er enda usikkert, og jeg har prøvd flere ganger å forhøre meg både med buildingSMART og Norconsult informasjonssystemer uten å få svar på dette. Det er derfor vanskelig å si på nåværende tidspunkt hvilken rolle NS 8360 vil spille i en BIM-basert kalkulasjonsprosess, og hvor mye som eventuelt må suppleres fra NS 3451, NS 3420 og NS 8351. Nedenfor er det komponert en tabell som sammenligner MajaTeknobyggs kalkulasjonsprosess og en BIM-basert kalkulasjonsprosess.

Fase	MajaTeknobyggs kalkulasjonsprosess	BIM-basert kalkulasjonsprosess
Tidligfase/Elementbasert Kalkulasjon	Arealprismetode basert på erfaringstall → elementprismetoden i Calcus.	Estimering basert på nøkkeltall/rombasert estimering → kalkulasjon basert på bygningselementobjekt.
Detalj-kalkulasjon	ByggOffice med kapittelstruktur etter NS3451 og prislinjer etter NS3420 og NS3421.	Elementbasert kalkulasjon basert på NS8360 (som tar utgangspunkt i NS3451, NS 3420 og NS 8351).

**Tabell 3: Sammenligning av MajaTeknobyggs kalkulasjonsmetode med en BIM-basert kalkulasjonsprosess**

Et aspekt ved BIM-kalkulasjon det er verdt å merke seg er at arkitekter og konsulenter vil kreve en større godtgjørelse for å levere en «komplett» BIM til entreprenører. Vil det da totalt sett bli billigere å utføre en kalkulasjonsprosess ved bruk av BIM? Det som er sikkert er at det uten tvil vil fungere bedre som en kvalitetssikrer for kalkylematerialet, samtidig som kollisjonskontroller kan kjøres i modellen for å avsløre feilprosjekteringer på et tidlig stadiet i prosjektet.

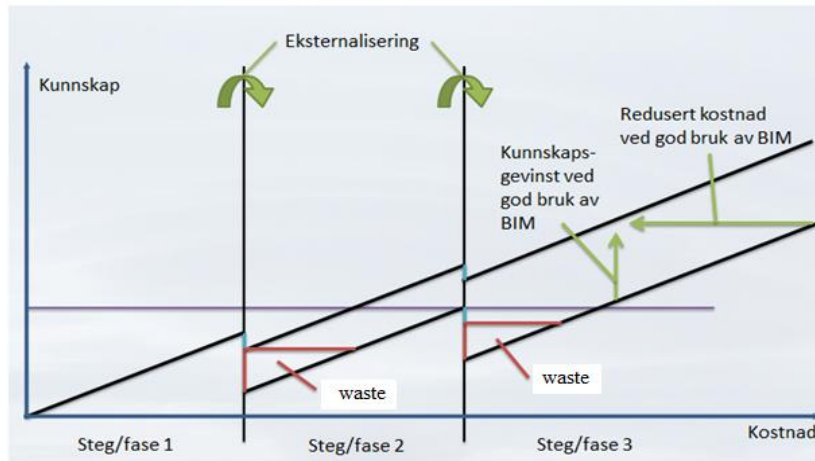
## 10.2 Hvorfor openBIM (åpen BIM) i kalkulasjonsprosessen?

Norsk Standard har enda ikke tilpasset sine standarder mot IFC og dette bør uten tvil være utarbeidet for at man skal kunne arbeide med en velfungerende BIM i kalkulasjonsprosessen. På sikt er det ingen tvil om at openBIM (IFC, IFD og IDM) er veien å gå for en god samhandlingsprosess i kalkulasjonsfasen av et prosjekt. Standardisering av prosesser er nøkkelford for et velfungerende samarbeid der openBIM støtter god og effektiv

informasjonsflyt slik at prosjektmedlemmene kan delta og involveres uavhengig av hvilket programverktøy de benytter seg av. Integrerte arbeidsprosesser vil være et mål for bruk av openBIM der koordineringsfeil vil bli sterkt redusert sammenlignet med filutveksling av proprietære modeller. Dette som et resultat av at alle involverte prosjektdeltakere vil kunne utnytte seg av den samme prosjektdataen i kalkulasjonsprosessen og at tilgjengeligheten for informasjon ikke er avhengig av lisensierte programvarer. Prosjektdeltakerne kan også, med openBIM, benytte seg av de beste verktøyene på sine spesialfelt uten å risikere inkompatibilitet på tvers av ulike bygningsinformasjonsmodeller. Selv om Statsbygg, som en av Norges største byggherrer, ville kreve openBIM på sine prosjekter fra 2010 foreligger det enda systemfeil i blant annet IFC-formatet der filutvekslingsformatet fortsatt besitter en risiko for at informasjonen fra modellene skal gå tapt gjennom informasjonsutvekslingsfasen. I dagens situasjon vil et lukket filformat fungere på lik linje som et åpent filformat. Begrunnelsen for dette er at bruk av åpne filformat fortsatt innehar systembegrensinger i tillegg til at ikke alle dataprogramvarer støtter IFC-formatet i skrivende stund. Likevel er IFC-formatet et filformat som kan benyttes i dagens situasjon og som innehar de fleste muligheter for modellering. Her bør også IDM og IFD knyttes tett opp mot IFC-filen slik at standardiseringsprosessen av BIM blir fullgod. Dette er nødvendig for å ha en felles forståelse for hva som skal hentes ut som mengder og kalkylegrunnlag fra modellene.

### 10.3 Fordeler og utfordringer med BIM-kalkulasjon

Ved bruk av BIM i en kalkulasjons- og mengdeberegningsprosess vil man unngå å bryte ned informasjon i tegningene til data, for så å strukturere mengdene igjen til informasjon som kan brukes i kalkylegrunnlaget for et prosjekt. Denne tankegangen er vist i figuren nedenfor der hvert steg representerer hver fase i prosjekteringen (skisse-, for- og detaljprosjektering). Den turkise, vertikale streken representerer informasjonen som ligger subjektivt hos hver enkelt person som uansett blir vanskelig å overføre på grunn av individuelle tankesett. Denne formen for informasjonstap vil ikke beskrives som waste. Den røde vertikale linjen ved slutten av hver delfase representerer ren waste i prosjekteringen, nettopp på grunn av at informasjonen i tegningsgrunnlaget er nødt til å brytes ned til data for så å struktureres til informasjon igjen (som er nødvendig med en 2D-basert kalkulasjonsprosess). Man kan med dette direkte få visualisert hvilken nytte man har ved god bruk av BIM i kalkulasjonsprosessen, enten i form av økt kunnskap eller en kortere prosjekteringstid med samme kunnskap på et gitt tidspunkt.



Figur 451 Informasjonsoverføring mellom prosjekterende og kalkulator i en kalkulasjonsprosess.

Evnen til å kunne kalkulere og beregne kostnader i prosjekt er den mest nødvendige ferdigheten en entreprenør bør besitte, der prosjektets lønnsomhet/avkastning er direkte knyttet mot valg av konsept, tidsforbruk og prosjektets kostnadsbilde. I tradisjonelle 2D-baserte kalkulasjonsprosesser utgjør mengdeberegning mellom 50-80 prosent av kalkulatørens tidsforbruk og ved implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen vil kalkulatørene oppleve en stor tidsbesparelse med tanke på mengdeuttak. Kalkulatørens tidsbruk vil heller vies til evaluering av ulike prosjekt- og konseptalternativ som kan gi besparelser med tanke på blant annet utførelsestiden på byggeplass, byggets energibruk og total prosjekteringstid. Selv om bruk av BIM vil automatisere deler av kalkulasjonsprosessen er det fremdeles viktig å besitte den grunnleggende kalkulasjonsforståelsen. Resultatet av kalkulasjonsprosessen vil bestå av ytterligere informasjon enn kun en liste over objektene i modellen med deres tilhørende informasjon og geometri. Dette innebærer at byggets design og geometri må analyseres, objektene må grupperes på en hensiktsmessig måte og objektene må tillegges priser. Det kan derfor, i forhold til kalkulatørens rolle, utkrystallisere seg profesjoner i forhold til kalkulasjonsprosessen organisering der metodikken kan forløpe som vist under (jmf. kapittel sju).

1. Organisering av modellen
2. Oppbygning av objektenes resepter
3. Kalkulasjon av kalkylen

Ved bruk av BIM i kalkulasjonsprosessen vil man også dra fordel av eksempelvis å uthente mengdelister, vindusskjema og dørskjema direkte fra modellen der kalkulatørene kontinuerlig arbeider på den siste reviderte modellen. Dette medfører at det blir lettere å ajourføre totalkostnaden i prosjektet gjennom prosjektets prosjekteringsfase. Samtidig kan kalkylen brukes aktivt i prosjekteringsmøter for å visualisere objektenes plassering, kostnad og

funksjon i bygget, som vil være et godt verktøy for evaluering av utarbeidet konseptforslag sammenlignet med alternative løsninger.

I forhold til modelleringsdetaljnivået er det ikke alt som blir modellert i en BIM. Dette kan for eksempel være listverk, dekkforkanter og ulike innredninger. Det samme gjelder løsninger som fremdeles tegnes i 2D som spesial- og utførelsesdetaljer. Bruk av BIM i kalkulasjonsfasen i et prosjekt er enda et relativt ferskt emne og det foreligger enda ikke veldefinerte standarder som bidrar til å avklare spørsmål vedrørende:

- Hvilken informasjon må inkluderes i BIM-modellen i hver fase av prosjektet?
- Når vil generiske objekter i modellen bli erstattet av mer detaljerte objekter?
- På hvilket tidspunkt skal kalkylen ferdigstilles og hvilken prisinformasjon er tilknyttet modellen fra kalkulatørene?
- Hvem har ansvaret for å sikre kvaliteten og kontrollere aktivitetene i kalkylen?
- Hvem innehar eierskapet til det som er modellert?

Kontraksgrunnlag for juridiske aspekt ved bruk av BIM er på nåværende tidspunkt ikke lovfestet. Dette gjelder juridiske forhold med tanke på hvem som eier den prosjekterte modellen, analysene gjort i prosessen, konstruksjonsmodellen o.l. I tillegg vil spørsmål vedrørende honorar av prosjektert material og ansvar i forhold til nøyaktigheten i de ulike modellene være sentrale fokusområder når det skal utarbeides lovbestemmelser tilknyttet bruk av BIM i kalkulasjonsprosessen.

Andre utfordringer med en BIM-basert kalkulasjonsprosess kan oppleves når objektene ikke er riktig og godt nok definert i modellen. Dette viser seg spesielt når objekter er for grovt modellert og mangler en detaljert nok lagdeling som viser objektenes ulike sjikt eller tilhørende komponenter (eksempelvis armering i betongkonstruksjoner). Det ligger også utfordringer når det gjelder standardisering av objektbibliotek til bruk av BIM i kalkulasjonsprosessen. Flere leverandører har utviklet sine objektbibliotek som allerede er tatt i bruk, men problemet kommer når de ulike objektbibliotekene representerer ulik oppbygning og struktur. Dette gjelder for eksempel hvordan objektbibliotekene blant annet behandler objekt-klassifisering, mengdeinformasjon og objekttegenskaper i forhold til for eksempel brann, lyd og energidata. BuildingSMART er som sagt under utarbeidelse av dette (NS 8360) og det skal bli spennende å se hvilken rolle denne standarden får mot de gjeldene standardene som brukes i dagens kalkulasjonsprosess.

#### 10.4 Calcus som kalkulasjonsverktøy i en BIM-basert kalkulasjonsprosess

Kalkulasjonsverktøyet ISY Calcus er i hovedsak utviklet som et tidligfaseverktøy med mål om å få en hurtig og relativt god tilnærming til prosjektets total kostnad på et tidlig stadie. Programmets tidligfasevurderinger er bygd opp rundt 8 ulike styrende og parametriske/geometriske verdier som tar utgangspunkt i NS 3940 og styrer mesteparten av prosjektets kostnader. Videre bruker Calcus en standard kontoplan oppbygd etter NS 3451 (Bygningsdelstabellen) med muligheter for å tilknytte prislinjer, etter NS 3420, til hvert element i kontoplanen. Kalkulasjonsprogrammet har også mulighet for å seksjonere IFC-modellen som ulike delprosjekt. Import av filen som flere delprosjekt kan være nyttig for å øke sporbarheten i prosjektet, øke kontrollen over postene i kontoplanen samt se hvordan kostnadene fordeler seg etasjevis i bygget.

Ved oppstart i Calcus må det alltid defineres et malprosjekt, selv om programmet primært skal benyttes til behandling av en IFC-modell. Malprosjektet vil i en slik situasjon holdes separat fra modellprosjektet for å unngå dobbeltkalkulasjon av bygget, men samtidig vil det fungere som en god sjekklister og støttespiller for de modellerte objektene i IFC-filen. Hvor mye som må kompletteres fra malprosjektet er da avhengig av BIM'ens detaljeringsgrad.

For å oppnå suksess i byggeprosjekt bør man kontinuerlig ha full oversikt og styring på prosjektets kostnad og fremdrift. Calcus har en god integrasjon mot ISY ByggOffice og ISY G-PROG Beskrivelse der det er mulig å dra prosjektet fra Calcus videre til disse programmene. Dette har til nå, og vil fortsatt, til sammen utgjøre en fin totalpakke i et BIM-prosjekt der Calcus vurderer tidligfaseberegninger, ByggOffice overtar for kalkulasjon rettet mot produksjonsoppfølging, avviks- og endringsstyring og G-PROG Beskrivelse utarbeider anbudsbeskrivelser. Ved at både Calcus og ByggOffice nå har muligheten til å implementere BIM inn i programmene har verktøyenes bruksområder tilnærmet seg hverandre og det bør vurderes om det kun trengs å benytte et program til BIM-kalkyle eller om begge bør tas i bruk, og i tilfellet når de skal overlape. I en slik vurderingsfase må MajaTeknobygg vurdere hva som er forutsetningene for kalkylen, hvor langt prosjektet er kommet og hvor mye dynamikk som oppstår i prosjektet, spesielt i skisse- og forprosjekteringen. Oppstår det mange og relativt omfattende endringer anbefales det å bruke Calcus. Calcus gir, med relativt liten arbeidsinnsats, et godt kostnadsestimat der programmet er godt egnet til å foreta større endringer på kort tid. ByggOffice vil utarbeide ressurskalkyler som tar lengre tid å etablere, men som gir et mer nøyaktig kostnadsbilde av prosjektet.

Direkte mengdefeil fra tegneverktøyet blir som regel fanget opp i Calcus. Å kunne fremheve objekt med mengdeusikkerhet har vært et sentralt aspekt i utviklingen av BIM i Calcus. Likevel kan noen typer feilmerking av objekter med feil kvalitet være vanskelig å fange opp i programmet. En stor risiko i forhold til mengdeuttak i et kalkulasjonsprogram er at

programvaren bruker mengder fra tegneprogrammet, der modellen(e) er utviklet, ukritisk uten at man har mulighet til å kontrollere disse mengdene. Dette er en prosessmessig utfordring som må avklares ved overlevering av en BIM.



## 11. Konklusjon

Implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen vil åpne for helt andre muligheter i tilnærmingen til et nytt prosjekt. Med det menes at informasjonen tilknyttet en BIM vil bidra til å gi et bedre grunnlag for konseptvalg og alternative løsninger gjennom gode visualiseringsegenskaper i modellen og en høyere informasjonsgrad i en tidligere fase sammenlignet med en tradisjonell 2D-basert kalkulasjonsprosess. Med en BIM-basert kalkulasjonsprosess vil kalkulatørene jobbe med et komprimert og koordinert prosjekteringsmateriale i en bedre samhandlingsprosess der alt av prosjektert informasjon vil ligge tilgjengelig i en modellserver som kontinuerlig oppdateres når det gjøres endringer i modellen. Dette bidrar til færre feiltolkninger og konflikter, større innsikt i prosjektmaterialet på et tidligere stadiet og mindre sjanse for byggefeil i produksjonsfasen. Det vil være billigere for prosjektet å gjøre feil med bits og bytes enn med stål og betong, noe som bekreftes ved at kun ti til femten prosent av de totale prosjektkostnadene påløper frem til kontraktsinngåelsen før produksjonsfasen. Modellene kan også benyttes i en automatisert kvalitetskontroll (bl.a. kollisjonstest), ulike simuleringer (lyd, brann, akustikk o.l.) og test av byggets energibruk gjennom hele prosjektiden.

Dagens kalkulasjonspraksis i MajaTeknobygg framstår i dag som en mindre integrert prosess enn den ville gjort ved full utnyttelse av BIM. Calculus tas i bruk i tidlig fase for å få et hurtig kostnadsestimert av prosjektet. Mengdene hentes ut ved hjelp av Geometra eller mengdeberegningbord for så å implementeres inn i ressurskalkyleverktøyet ByggOffice. Prosessene har lite eller ingen integrasjon mellom seg og nå som både ByggOffice og Calculus har fått innført egen BIM-modul med bedre integrasjon seg imellom vil det å se på samhandlingen mellom programvarene være viktig å gjøre for MajaTeknobygg.

BIM-kalkulasjon vil utspille seg på en annerledes måte sammenlignet med dagens prosesser. I tidligfasen vil kalkulasjonen av prosjektet baseres på nøkkeltall eller en rombasert estimering. Når prosjektmaterialet detaljeres vil man kunne utføre kalkulasjon basert på bygningselementobjekt og i detaljfasen en elementbasert kalkulasjon.

Calculus har lenge vært et godt kalkulasjonsverktøy for vurderinger av kostnadsbildet i tidligfasen av et prosjekt. Med programmets nyetablerte BIM-modul for import/eksport av IFC-modeller vil prosjektet fremstå med blant annet større sporbarhet, (delvis) automatisk mengdeberegning og et bedre produkt for konseptvalg med tilhørende alternativløsninger. Kalkulasjonsverktøyet har i dag en god struktur med kontoplan oppbygd etter NS3451 og integrerte prislinjer basert på NS 3420. Ved en standardisert bruk av BIM vil Calculus etter hvert få implementert et standard objektbibliotek. Det blir i denne sammenhengen spennende å se hvilken rolle NS 8360 får i sammenheng med de gjeldende standardene i dagens kalkulasjonsprosess.

### 11.1 Forslag til veien videre

I det videre arbeidet med implementeringen av openBIM i kalkulasjonsprosessen i MajaTeknobygg må bedriften utarbeide spesifiserte leveringskrav til involverte arkitekter og konsulenter som beskriver hvilken informasjon som skal tilknyttes modellene i de ulike fasene av prosjekteringen. Det blir også viktig å se på nye standarder for kontrakter og evaluering av nye grensesnitt som vil oppstå i en slik prosess. Dette er aspekt som ikke er evaluert i denne oppgaven.

MajaTeknobygg bør også se på hvordan totalpakka av ulike programvarer skal utarte seg, hvilken funksjon de ulike kalkulasjonsprogrammene skal ivareta og eventuelt hvilket program det skal satses på. Solibri Model Checker er et verktøy bedriften allerede har tatt i bruk og det må ses på hvilken rolle dette programmet skal ha mot utvalgte kalkulasjonsverktøy. Verktøyet er et kvalitetssikringsverktøy for bygningsinformasjonsmodeller som både visualiserer, analyserer og kvalitetssikrer BIM'er. Programmet gjennomfører også regelsjekker som knyttes direkte mot en IFC-kravmodell.

Bedriften må også henge seg på utviklingen av nye standarder for openBIM samt se på hvordan den interne strukturen i kalkulasjonsprosessen bør organiseres. Videre må MajaTeknobygg inngå dialog med eksisterende leverandører for å kartlegge deres tanker rundt bruk av BIM og muligheter de har for å tilknytte intelligent informasjon til sine produkt som direkte kan tilknyttes bygningsinformasjonsmodellene i kalkulasjonsprosessen.

## Litteraturliste

AGC, 2012. *Contractors' Guide to BIM*. [Internett]

Available at: <http://www.agcnebuilders.com/documents/BIMGuide.pdf>

[Funnet 25 Mars 2012].

BIM: Building Information Modeling Blog, 2010. *The History of the BIM and the Success Story Till Date*. [Internett]

Available at: <http://bim-modeling.blogspot.com/2010/12/history-of-bim-and-success-story-till.html>

[Funnet 19 Februar 2012].

Bjørkhaug, L. & Bell, H., 2007. *IFD library for BuildingSMART*. [Internett]

Available at: [http://dev.ifd-library.org/index.php/lfd:IFD\\_in\\_a\\_Nutshell#What\\_is\\_IFD.3F](http://dev.ifd-library.org/index.php/lfd:IFD_in_a_Nutshell#What_is_IFD.3F)

[Funnet 13 Februar 2012].

Boligprodusentenes Forening, 2011. *Boligprodusentenes BIM-manual*, Oslo: Boligprodusentenes Forening.

BuildingSMART, 2009. *Information Delivery Manual. Supporting information exchange for business process in the building and construction industry*. [Internett]

Available at: <http://www.iai.no/idm/>

[Funnet 15 Februar 2012].

buildingSMART, 2012. *Open BIM*. [Internett]

Available at: <http://buildingsmart.com/openbim>

[Funnet 25 Mars 2012].

CAD-Q, 2012. *BIM Collaboration Format (BCF) for Revit*. [Internett]

Available at: <http://www.cad-q.com/no/Bildespill-forside/Building-Collaboration-Format-BCF-for-Revit/>

[Funnet 8 Mai 2012].

Christensen, L. C., 2009. *BIM - Bedre samordning og samspill i byggenæringen*. [Internett]

Available at:

[http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cts=1331118208330&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.arkitektur.no%2F%3Fnid%3D173010%26lcid%3D1044%26iid%3D208528%26pid%3DNAL-Article-Files.Native-InnerFile-File&ei=mj1XT\\_HmF8PLsgbA3eCFDA](http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cts=1331118208330&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.arkitektur.no%2F%3Fnid%3D173010%26lcid%3D1044%26iid%3D208528%26pid%3DNAL-Article-Files.Native-InnerFile-File&ei=mj1XT_HmF8PLsgbA3eCFDA)

[Funnet 7 Mars 2012].

Deng, X. y., Qin, L. & Liu, X. l., 2011. *Industry Foundation Classes Based Integration of Architectural Design and Structural Analysis*, 2011: Shanghai Jiaotong University.

Eastman, C., 1999. *Building Product Models: computer environments supporting design and construction*. 1. red. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

Eastman, C., 2008. *BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 1. red. New jersey: John Wiley & Sons.

- Eastman, C., 2012. *Chuck Eastman homepage*. [Internett]  
Available at: <http://usa.arch.gatech.edu/chuck/index~1.htm>  
[Funnet 21 Mars 2012].
- Eikeland, P. T., 1999. *Teoretisk analyse av byggeprosjekt*, Trondheim: NTNU.
- Fjelldal, T., 2012. *BIM i Norconsult* [Intervju] (15 Februar 2012).
- Fjelldal, T. & Moe, H. L., 2009. *Anbudsprosessen*, Trondheim: NTNU.
- Folkeuniversitetet, 2011. *Etablering*. [Internett]  
Available at: <http://issuu.com/arildir/docs/fagligledelse tema1>  
[Funnet 31 Mars 2012].
- GSA, 2007. *BIM Guide Overview*, Washington: General Services Administration.
- Halvorsen, K., 1993. *Å forske på samfunnet*. 3 red. Oslo: Bedriftsøkonomens Forlag.
- Hannon, J. J., 2007. *Estimators' functional role change with BIM*, Morgantown: AACE International Transactions.
- Hellevik, O., 2002. *Forskningsmetode i sosiologi og statsvitenskap*. 7. red. Oslo: Universitetsforlaget.
- Holm, F. H., 1990. *Byggeøkonomi*. 1. red. Oslo: Universitetsforlaget.
- Holter, H. & Kalleberg, R., 1996. *Kvalitative metoder i samfunnsforskning*. 2. red. Oslo: Universitetsforlaget.
- Khemplani, L., 2004. *The IFC Building Model: A Look Under the Hood*. [Internett]  
Available at: <http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html>  
[Funnet 24 April 2012].
- Khemplani, L., 2006. *Visual Estimating: Extending BIM to Construction*. [Internett]  
Available at: [http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/VisualEstimating\\_pr.html](http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2006/VisualEstimating_pr.html)  
[Funnet 10 April 2012].
- Kiviniemi, A. et al., 2007. *BIM Requirements 2007 Volume 7: Quantity take-off*, Finland: Senate Properties.
- Kraus, W. E., 2007. *Challenges in Estimating Costs Using Building Information Modeling*, New Jersey: AACE International Transactions.
- Kunnskapssenteret a), 2004. *Kvalitative metoder*. [Internett]  
Available at: <http://www.kunnskapssenteret.com/articles/2563/1/Kvalitative-metoder/Kvalitative-metoder.html>  
[Funnet 26 Mai 2012].
- Kunnskapssenteret b), 2004. *Kvantitative metoder*. [Internett]  
Available at: [http://www.kunnskapssenteret.com/articles/2558/1/Kvantitative-metoder/Kvantitative-metoder.html%20\(25.03.11\)](http://www.kunnskapssenteret.com/articles/2558/1/Kvantitative-metoder/Kvantitative-metoder.html%20(25.03.11))  
[Funnet 28 Mai 2012].

Kunnskapssenteret, 2004. *Hva er en metode?*. [Internett]

Available at: <http://www.kunnskapssenteret.com/articles/2484/1/Hva-er-en-metode/Hva-er-en-metode.html>

[Funnet 24 Mai 2012].

Lean Construction NO, 2012. *Hva Lean Construction er*. [Internett]

Available at: <http://samforsk.no/lc/Sider/Om-Lean-Construction.aspx>

[Funnet 19 Mars 2012].

London: Archicad BIM center, 2010. *History*. [Internett]

Available at: <http://www.archicadbimcenter.com/companies/History/ing>

[Funnet 18 Februar 2012].

MajaTeknobygg AS, 2010. *Årsrapport 2010*, Trondheim: MajaTeknobygg.

MajaTeknobygg AS, 2012. *MajaTeknobygg*. [Internett]

Available at: <http://majateknobygg.no>

[Funnet 10 Februar 2012].

MajaTeknobygg AS, 2012. *Teknobygg Tekniske*. [Internett]

Available at: <http://www.majateknobygg.no/teknobygg-tekniske>

[Funnet 10 Februar 2012].

McCuen, T. L., 2010. *Underdeveloped and underutilized: Cost Estimating in BIM*, s.l.: AACE

International Transaction.

Mc-Graw-Hill Construction, 2008. *Building Information Modeling (BIM)*, New York: Mc-Graw-Hill Construction.

Norconsult Informasjonssystemer a), 2011. *GLITNE LCC-workshop*. [Internett]

Available at: [http://www.sintef.no/project/GLITNE/LCC\\_workshoP\\_NoIS.pdf](http://www.sintef.no/project/GLITNE/LCC_workshoP_NoIS.pdf)

[Funnet 3 Mai 2012].

Norconsult Informasjonssystemer b), 2012. *ISY Calcus*. [Internett]

Available at: <http://nois.no/?aid=9088857>

[Funnet 03 Mai 2012].

Norconsult Informasjonssystemer, 2009. *ISY Calcus Brukerdokumentasjon*, Oslo: Norconsult Informasjonssystemer.

Norconsult informasjonssystemer, 2010. *Norsk Prisbok*, Oslo: Norconsult informasjonssystemer.

Norconsult InformasjonssystemerAS, 2011. *isnytt*, Oslo: Norconsult InformasjonssystemerAS.

Norsk forskning for studier av forskning og høyere utfanning, 2004. *Utdrag fra OECDs "Frascati Manual" i norsk oversettelse*, Oslo: PDC Tangen a.s..

Norsk Standard, 2012. *Norwegian Standard NS 8360:2012 (BIM Objectlibrary)*. [Internett]

Available at: <http://bips.dk/files/bips.dk/bjoern.brunstad.pdf>

[Funnet 29 April 2012].

NTNU, 2011. *BIM og kommunikasjon - Prosjekteringsledelse*. [Internett]  
Available at: <https://www.itslearning.com/main.aspx?CourseID=39361>  
[Funnet 7 Mars 2012].

Sabol, L., 2008. *Challenges in Cost Estimating*, Washington: Design + Construction Strategies,.

Samset, K., 2007. *Tiltak for å bedre kvaliteten på kvalitativ informasjon*, Trondheim: Concept-programmet.

Samset, K., 2008. *Prosjekt i tidligfasen*. 1. red. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.

Sattineni, A. & Bradford, R. H., 2012. *ESTIMATING WITH BIM: A SURVEY OF US CONSTRUCTION COMPANIES*, Alabama: Auburn University.

Sintef Byggforsk, 2012. *Våtromsvegg med fliskledning*, Oslo: Sintef Byggforsk.

Solberg, J., 2011. *Videokonferanse med bruk av BIM i ISY Calcus i Maja Teknobygg*. Trondheim: Norconsult Informasjonssystemer.

Solberg, J., 2012. *BIM-basert kalkulasjon i ISY Calcus* [Intervju] (10 April 2012).

Standard a), 2012. *Beskrivelsessystem NS 3420*. [Internett]  
Available at: <http://www.standard.no/no/fagomrader/bygg-og-anlegg/ns-3420---beskrivelsestekster/>  
[Funnet 31 Mars 2012].

Standard b), 2012. *Beskrivelsessystem NS 3451*. [Internett]  
Available at: <http://www.standard.no/no/Sok-og-kjop/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductId=364700>  
[Funnet 31 Mars 2012].

Standard c), 2012. *Spesifikasjoner av kostnader i byggeprosjekt*. [Internett]  
Available at: <http://www.standard.no/no/Sok-og-kjop/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductId=133810>  
[Funnet 1 April 2012].

Standard d), 2012. *Areal- og volumberegninger av bygninger*. [Internett]  
Available at: <http://www.standard.no/no/Sok-og-kjop/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductId=237200>  
[Funnet 1 April 2012].

Standard e), 2012. *SN/K 529 BIM Objektbibliotek*. [Internett]  
Available at: <http://www.standard.no/no/Komiteer/SN/SNK-529/>  
[Funnet 11 April 2012].

Standard Norge, 2011. *Vurdering av tiltak for å gjøre NS 3420 kompatibel med building-SMART teknologi*, Oslo: Standard Norge.

Statsbygg, 2006. *Erfaring med utvikling og bruk av en digital BIM iht IFC-standarden ved byggeprosjekt (HITOS) etter avsluttet forprosjektfase*, Oslo: Statsbygg.

Statsbygg, 2007. *Statsbygg går for BIM*. [Internett]

Available at: <http://www.statsbygg.no/Aktuelt/Nyheter/Statsbygg-gar-for-BIM/>  
[Funnet 20 Mars 2012].

Statsbygg, 2009. *BIM-manual - versjon 1.1*. [Internett]

Available at: <http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/BIM/SB-BIMmanual1-1mVedl.pdf>  
[Funnet 12 Februar 2012].

Statsbygg, 2011. *BIM-manual - versjon 1.2*. [Internett]

Available at: [http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/BIM/StatsbyggBIMmanualV1-2No\\_2011-10-24.pdf](http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/BIM/StatsbyggBIMmanualV1-2No_2011-10-24.pdf)  
[Funnet 19 Februar 2012].

Statsbygg, 2012. *Bruk og nytterverdi av BIM*. [Internett]

Available at: <http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/BIM-Bygningsinformasjonsmodell/Bruk-og-nytteverdi-av-BIM/>  
[Funnet 23 Februar 2012].

Sylvester, K. E. & Dietrich, C., 2010. *Evaluation of Building Information Modeling (BIM) Estimating Methods in Construction Education*, North Carolina: East Carolina University.

Teknisk Ukeblad, 2008. *Smartere byggeprosesser*. [Internett]

Available at: <http://www.tu.no/innsikt/it/article157966.ece>  
[Funnet 22 Februar 2012].

TriMax AS, 2012. *Speedy Calc PDF - Geometra*. [Internett]

Available at: <http://www.geometra.no>  
[Funnet 29 Mars 2012].

Tørstad, O. H., 2011. *Implementeringsplan for BIM i MajaTeknobygg AS*, Trondheim: MajaTeknobygg AS.

Underwood, J. & Isikdag, U., 2010. *Building Information Modeling and Construction Informatics - Concepts and technologies*. 1. red. Hershey: IGI Global.

Welte, A., 2012. *Arkitektenes rolle mot en BIM-basert kalkulasjonsprosess* [Intervju] (29 Januar 2012).

Wikipedia, 2012. *Wikipedia*. [Internett]

Available at: [http://no.wikipedia.org/wiki/Industry\\_Foundation\\_Classes](http://no.wikipedia.org/wiki/Industry_Foundation_Classes)  
[Funnet 13 Februar 2012].

## Vedlegg

Vedlegg A:	Oppgavetekst	4 sider
Vedlegg B:	Forstudierapport	6 sider
Vedlegg C:	Intervjuguider	2 sider
Vedlegg D:	Oppstartsmøte med MajaTeknobygg	1 side



## MASTEROPPGAVE

(TBA4910 Prosjektledelse, masteroppgave)

VÅREN 2012

for

**Bjørn Christian Müller**

Implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen

### **Bakgrunn**

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er i rask utvikling, på full fart inn i byggebransjen og vil mest sannsynlig være med å prege de aller fleste aspekt ved et prosjekt i årene som kommer. BIM vil åpne for helt andre muligheter i tilnærmingen til et nytt prosjekt og samtidig bidra gjennom hele byggeprosessen for og blant annet kunne anbudsprosessen og kalkulasjonsprosessen til et nytt og høyere nivå. Med denne oppgaven ønsker MajaTeknobygg å få vurdert hvilke muligheter implementering av openBIM kan gi i en kalkulasjonsprosess. I kalkulasjonen av en BIM inngår blant annet vurdering av programvare, kalkyleverktøy, kalkulasjonsmetoder, mengdeberegning og på hvilken måte en kalkulasjonsprosess med openBIM vil kunne fungere.

### **Beskrivelse av oppgaven**

I denne masteroppgaven skal studenten utrede de mulighetene som finnes ved bruk av bygningsinformasjonsmodellering i kalkulasjonsprosessen. I tillegg skal studenten se på hvordan en prosess med openBIM i kalkulasjonsprosessen vil kunne fungere. Videre vil bedriftens eksisterende BIM-verktøy (ISY Calcus) bli nøye studert og vurdert for å se på hvilke muligheter Norconsult sin programvare besitter.

Oppgavens oppbygning er som følger:

- Beskrive bygningsinformasjonsmodellering (BIM) i teorien og se på hvilke muligheter, fordeler og ulemper en slik prosess vil gi i forhold til tradisjonell prosess.
- Beskrive en tradisjonell kalkulasjons-/anbudsprosess og samtidig klargjøre på hvilken måte dette fungerer i MajaTeknobygg.
  
- Studere hvordan en BIM-basert kalkulasjonsprosess vil kunne fungere.
  - Nye prosesser ved bruk av BIM i kalkulasjonsprosessen.
  - utfordringer i en BIM-basert kalkulasjonsprosess.
  - Beskrive hvordan kalkulatørens rolle endres ved bruk av BIM-kalkulasjon.
  
- Implementering av IFC i kalkulasjonsprosessen
  - Hvordan fungerer oppbygningen av en IFC-fil/-modell?
  - Krav til informasjon fra arkitekten og RIB i modelleringsfasen av en BIM/IFC.
  - Struktur på modellert data/informasjon
  - BIM-basert mengdeuttak.
  
- Beskrivelse og casestudie av BIM-verktøyet ISY Calcus.

### **Formålet med masteroppgaven**

Formålet med denne oppgaven er å se på hvilke måter bruk av openBIM kan forbedre og effektivisere MajaTeknobyggs kalkulasjonsprosess. Dette gjelder både hvordan en slik prosess bør organiseres, men også hvordan nylanserte BIM-moduler i bedriftens eksisterende kalkulasjonsverktøy kan integreres i en kalkulasjonsprosess med openBIM. Oppgaven skal også bidra til at MajaTeknobygg vil kunne bruke oppgaven og se nytten av den i sin implementeringsfase av openBIM i kalkulasjonsprosessen.

## GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødige voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- forord
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- om nødvendig en liste med beskrivelse av viktige betegnelser og forkortelser benyttet
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger.
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummerering).

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

### Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>.

Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av

en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

**Helse, miljø og sikkerhet (HMS):**

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

**Innleveringsfrist:**

Arbeidet med oppgaven starter 16. januar 2012.

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 11. juni 2012 kl. 15:00.

**Faglærer ved instituttet:** Frode Drevland

**Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:** Ola Haug Tørstad

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 19.01.2012

Faglærer  
Frode Drevland  
Institutt for bygg, anlegg og transport

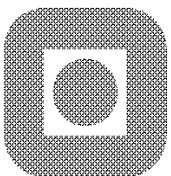
## **Implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen**

Forstudierapport til masteroppgave

våren 2012

for

Bjørn Christian Müller



INSTITUTT FOR BYGG, ANLEGG OG TRANSPORT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

NTNU

## Utgangspunkt for innholdsfortegnelse

**Forside**

**Tittelside**

**Forord**

**Sammendrag**

**Abstract**

**Innholdsfortegnelse**

**Figur- og tabelliste**

### 1. Innledning

- Bakgrunn
- Formål
- Omfang og begrensninger
- Problemstilling
- Avgrensning av oppgaven
- Rapportens oppbygning

### 2. Metodekapittel

- Hva er en metode?
- Ulike forskningsmetoder
- Valg av metode
- Metode for litteratursøk
- Metode for intervju og bearbeiding
- Metode for casearbeid

### 3. Beskrivelse av Maja Teknobygg

- MajaTeknobygg AS
- BIM i MajaTeknobygg

### 4. Bygningsinformasjonsmodellering

- Hva er BIM?
- Historiske hovedtrekk i utviklingen av BIM
- Fordeler og muligheter ved bruk av BIM
- Utfordringer ved bruk av BIM
- Åpen BIM versus lukket BIM

### 5. Bygge-, anbuds- og kalkulasjonsprosessen slik den er i dag

- Kort beskrivelse av byggeprosessen
- Tradisjonell anbuds- og kalkulasjonsprosess

### 6. Anbuds- og kalkulasjonsprosessen i Maja Teknobygg

- Hvordan fungerer dagens anbudspraksis i MajaTeknobygg?

### 7. Implementering av BIM endrer dagens kalkulasjonsprosess

- Endret kalkulasjonsprosess med BIM
- Utfordringer i en BIM-basert kalkulasjonsprosess
- Kalkulatørens rolle

## **8. Implementering av IFC i kalkulasjonsprosessen**

- Hvordan fungerer oppbygningen av en IFC-fil/-modell?
- Krav til informasjon fra arkitekt og RIB i modelleringsfasen av en BIM/IFC
- Struktur på modellert data/informasjon (tagging av objekter)
- Mengdeuttak med BIM

## **9. ISY Calcus**

- ISY Calcus
- BIM i ISY Calcus

## **10. På hvilken måte kan BIM-kalkulasjon bidra til en bedre kalkulasjonsprosess i MajaTeknobygg?**

## **11. Konklusjon**

## **12. Veien videre**

## **Litteraturliste**

## **Vedlegg**

## Bakgrunn

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er i rask utvikling, på full fart inn i byggebransjen og vil mest sannsynlig være med å prege de aller fleste aspekt ved et prosjekt i årene som kommer. BIM vil åpne for helt andre muligheter i tilnærmingen til et nytt prosjekt og samtidig bidra gjennom hele byggeprosessen for og blant annet kunne ta tidligfasen, prosjekteringen, anbudsprosessen og fremdriftsplanleggingen til et nytt og høyere nivå. Med denne oppgaven ønsker MajaTeknobygg å få vurdert hvilke muligheter implementering av openBIM kan gi i en kalkulasjonsprosess. I kalkulasjonen av en BIM inngår blant annet vurdering av programvare, kalkyleverktøy, kalkulasjonsmetoder, mengdeberegning og på hvilken måte en kalkulasjonsprosess med openBIM vil kunne fungere.

## Oppgaven

I denne masteroppgaven skal studenten utrede de mulighetene som finnes ved bruk av bygningsinformasjonsmodellering i kalkulasjonsprosessen. I tillegg skal studenten se på hvordan en prosess med openBIM i kalkulasjonsprosessen vil kunne fungere. Videre vil bedriftens eksisterende BIM-verktøy (ISY Calcus) bli nøye studert og vurdert for å se på hvilke muligheter Norconsult sin programvare besitter.

Oppgavens oppbygning er som følger:

- Beskrive bygningsinformasjonsmodellering (BIM) i teorien og se på hvilke muligheter, fordeler og ulemper en slik prosess vil gi i forhold til tradisjonell prosess.
- Beskrive en tradisjonell kalkulasjons-/anbudsprosess og samtidig klargjøre på hvilken måte dette fungerer i MajaTeknobygg.
- Studere hvordan en BIM-basert kalkulasjonsprosess vil kunne fungere.
  - Nye prosesser ved bruk av BIM i kalkulasjon.
  - utfordringer i en BIM-basert kalkulasjonsprosess
  - Beskrive hvordan kalkulatørens rolle endres ved bruk av BIM-kalkulasjon.
- Implementering av IFC i kalkulasjonsprosessen
  - Hvordan fungerer oppbygningen av en IFC-fil/-modell?
  - Krav til informasjon fra arkitekten og RIB i modelleringsfasen av en BIM/IFC.
  - Struktur på modellert data/informasjon
  - BIM-basert mengdeuttak.
- Beskrivelse og casestudie av BIM-verktøyet ISY Calcus.

## Formål

Formålet med denne masteroppgaven er å se på hvordan MajaTeknobygg kan dra nytte av openBIM i kalkulasjonsprosessen, både med tanke på bruk av programvare og hvordan en prosess ved bruk av BIM vil kunne utspille seg.

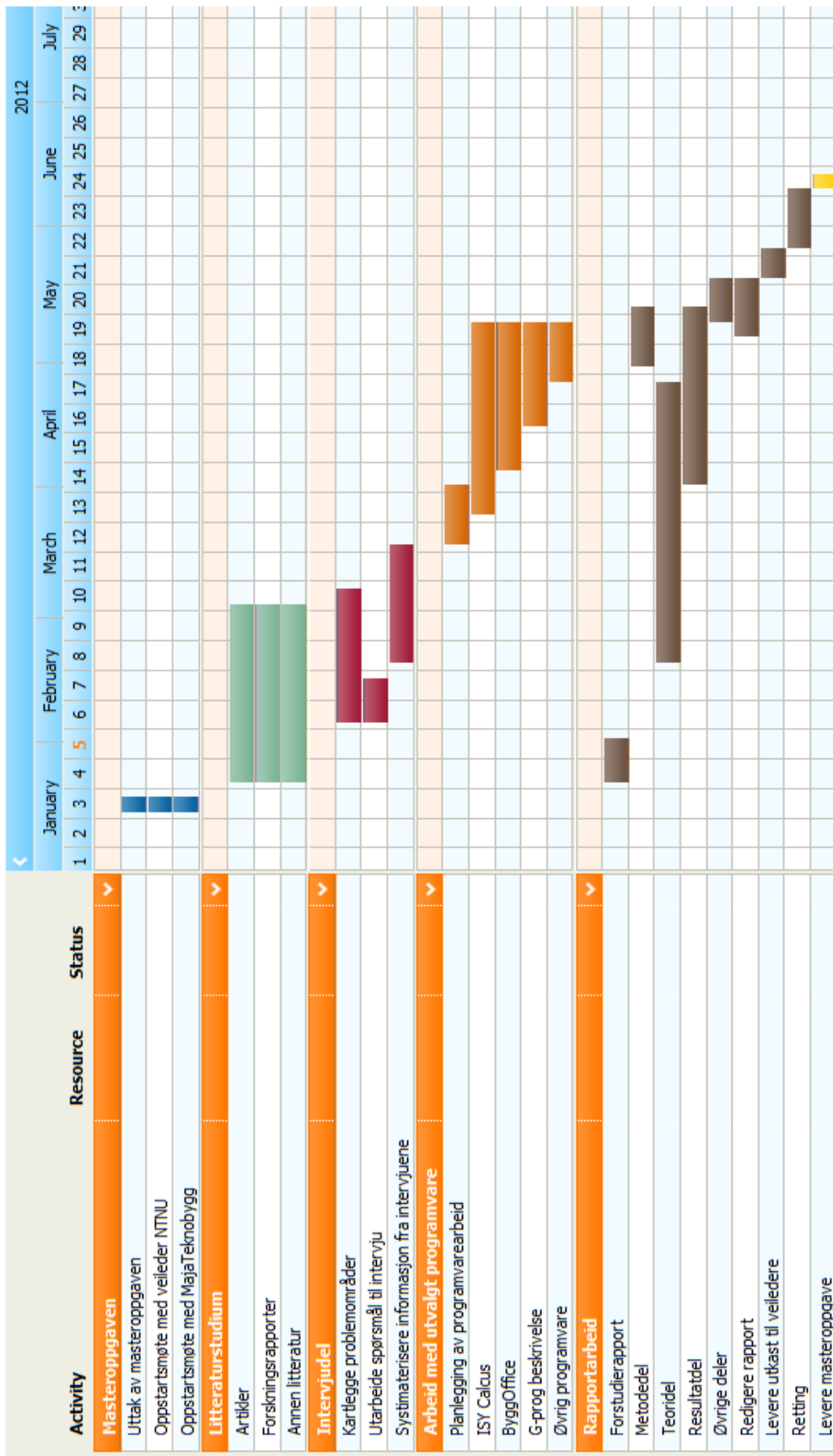


## Metode

Oppgaven skal løses ved et større og grundig litteraturstudium, intervju med ansatte i Maja Teknobygg, Norconsult informasjonssystemer, Per Knudsen Arkitekter og casearbeid samt erfaring tilknyttet eget arbeid med kalkulasjon og mengdeberegning i MajaTeknobygg.

POS	Implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen	Dato: 20.01.12
<p><b>Problem:</b> BIM er for alvor kommet inn i byggebransjen, og for og på sikt kunne opprettholde sin konkurransedyktighet som entreprenør er BIM, både som prosess og arbeidsverktøy, helt nødvendig å få innført i en bedrift. For å kunne utføre en optimal kalkulasjonsprosess samt kalkulere flest mulig prosjekter parallelt er bedriften avhengig av et velfungerende BIM-verktøy som arbeider raskt, effektivt og tilnærmet feilfritt. Ved å implementere bygningsinformasjonsmodellering i kalkulasjonsprosessen i MajaTeknobygg vil dette by på utfordringer både med tanke på prosess og tekniske ferdigheter innen utvalgte programvarer. Med denne masteroppgaven ønsker MajaTeknobygg å se på hvilke muligheter som eksisterer ved å ta i bruk openBIM i kalkulasjonsprosessen.</p>		
<p><b>Hovedmål:</b> Vurdere hvilke metoder, programvarer og prosesser som må ligge til grunn for å implementere openBIM inn i kalkulasjonsprosessen i MajaTeknobygg. Her skal både muligheter og utfordringer belyses og vurderes.</p>		
<p><b>Delmål:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartlegge kalkulasjon og mengdeberegningsprosessen til Maja Teknobygg.</li> <li>• Se hvordan en BIM-basert kalkulasjonsprosess vil fungere i forhold til en tradisjonell kalkulasjonsprosess med tanke på arbeidsmetoder, effektivitet og samhandling.</li> <li>• Oppnå god kunnskap på Norconsult sitt BIM-verktøy, ISY Calcus.</li> </ul>		
<p><b>Suksesskriterier:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstillelse av oppgaven 10. juni.</li> <li>• Oppnå karakteren A.</li> <li>• Oppnå meget god og relevant kunnskap om mitt masteremne.</li> </ul>		
<p><b>Forutsetninger, risiko, hindringer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Få tilgang på relevante intervjuobjekt og en god litteratursamling (forutsetning)</li> <li>• Feildisponering av tiden i forhold til oppsatt fremdriftsplan (risiko)</li> <li>• Mindre erfaring med kalkulasjon og mengdeberegning fra tidligere (hindring)</li> </ul>		

Fremdriftsplan



## Intervjuguide 1

## Vedlegg C

Intervjuobjektene som er tilknyttet denne intervjuguiden er basert på en oversikt over aktuelle arkitekt- og rådgiverfirma for MajaTeknobygg. Det er i første omgang valgt ut et arkitektfirma og et rådgiverfirma for intervjurunden. Disse er Per Knudsen Arkitektkontor AS og Norconsult AS.

- Navn
- Alder
- Utdanning
- Nåværende stilling/arbeidsoppgaver
- Tidligere arbeidsområder

### Felles spørsmål:

- Hvilke fordeler/ulempes eksisterer i dagens bruk av BIM?
- Hvilke forutsetninger må ligge til grunn for å utføre en BIM-kalkulasjon?
- Hvordan ser du for deg en BIM-basert kalkulasjonsprosess?
- På hvilken måte bygges en IFC-modell opp slik at den kan brukes i praksis?
- Hvilken informasjon er nødvendig for en arkitekt å modellere i en BIM slik at den kan bli velfungerende i en kalkulasjonsprosess?
- Hvordan bør den innlagte dataen struktureres i modellen?
- Tror du at BIM setter større modelleringskrav til arkitekten i forhold til en tradisjonell prosjektering (evt. hvilke krav)?
- Ryddighet i modellen, hvordan kan kalkulatøren hente ut relevant info fra modellen (for eksempel mengder)?
- Hvordan kan man ta i bruk BIM-info så lenge det ikke foreligger en «perfekt» BIM?

### Norconsult AS

- Hvilke programvarer ligger i deres «BIM-pakke»? Hvilke funksjoner har de ulike programvarene?
- Hvordan kan deres BIM-programvareløsninger fungere som en totalleveranse på BIM?
- Hvordan fungerer Calcus, G-prog beskrivelse og ByggOffice i korte trekk?
- Hvordan «snakker» de overnevnte programvarene sammen?
- Hvordan fungerer relasjonen mellom G-prog beskrivelse og ByggOffice?
- Hvordan fungerer Solibri i forhold til Calcus når det kommer til mengdeberegning?
- Hvordan ser du for deg kalkulatørens rolle i et BIM-prosjekt?
- Hvilke prosesser gjøres med BIM i dagens kalkulasjonsprosess, og hvilke muligheter ligger frem i tid?

**Per Knudsen Arkitektkontor AS**

- Hvilke begrensninger har dere i dag for å skape en god nok BIM (med hensyn på krav til innhold i modellen)?
- Hvor tidlig bør en entreprenør engasjere seg i et BIM-prosjekt? Hvorfor på dette tidspunktet?

**Intervjuguide 2**

Denne intervjuguiden er utarbeidet med tanke på gjennomføringen av anbuds- og kalkulasjonsprosessen i MajaTeknobygg.

- Navn
- Alder
- Utdanning
- Nåværende stilling/arbeidsoppgaver
- Tidligere arbeidsområder
  
- Hvordan angripes anbuds materialet (anbudsinndelingen) som blir tilsendt fra byggherre?
- Hvis det må prioriteres noen anbud fremfor andre, hvilke kriterier er det som legges til grunn for valg av anbud?
- Når et anbud er valgt, på hvilken måte organiseres anbudsprosessen (oppdeling av arbeidspakker, sammensetning av team osv.)?
- Det eksisteres og benyttes ulike kalkulasjonsmetoder (arealpris-, element- og detaljprismetoden). I hvilke faser benyttes de enkelte?
- Hva inkluderes i tillegg til beregnet selvkost i et prosjekt, og hvordan regnes påslaget ut?
- Si noe om bruk av erfaringstall fra tidligere prosjekt.
- På hvilken måte foregår risikoanalyser i et prosjekt? I den forbindelse, hvilken kontraktsform blir benyttet?
- Hvordan organiseres slutfasen før anbudsinnleveringen?
- I hvilken fase velges entreprisform?
- Hvilken rolle spiller dere i prosjektoppfølgningen med tanke på det kontinuerlige prosjektrengskapet på byggeplass?
- Hvor mye av informasjonen fra regnskap i tidligere prosjekt brukes som korreksjoner til nye forhåndskalkyler?



## Vedlegg D

## Oppstartsmøte i MajaTeknobygg

Dato: 05.01.12

**Formål:** Formålet med møtet var å utarbeide mulige problemstillinger til min masteroppgave våren 2012. Problemstillingene ble vurdert ut i fra hvilken nytteverdi de kan gi MajaTeknobygg i startfasen ved implementering av openBIM i kalkulasjonsprosessen.

**Møtedeltakere:**

- Ola Haug Tørstad (ekstern veileder fra MajaTeknobygg)
- Kjell Svendsen (Kalkulasjonssjef)
- Stein Eriksen (Utviklingsdirektør)
- Bjørn Christian Müller

**Aktuelle problemområder:**

- Hvordan bygge opp en IFC-modell slik at den kan brukes i praksis? Hvilken informasjon må arkitekten modellere i en BIM og hvordan bør den innlagte dataen struktureres i modellen? Her kan det også vurderes hvor stor datamengde arkitekten bør modellere, samt hvilke krav som må settes til arkitekten ved utformingen av en BIM. Dette kan være en utfordring for en entreprenør når man involveres for sent inn i prosjektet.
- Bruk av BIM vil skape nye prosesser. Her kan det være aktuelt å se på videre relasjonsbygging mellom for eksempel MajaTeknobygg og leverandører, arkitekter, Rådgivende ingeniører osv. I tillegg vil det bli viktig å se på intern struktur i en BIM-basert kalkulasjonsprosess.
- Testing av aktuell programvare for MajaTeknobygg. Fordi bedriften har et velfungerende samarbeid med Norconsult vil det bli mest aktuelt å se på deres programvareløsninger og hvordan de kan fungere som en totalleveranse med tanke på BIM.

**Mindre problemområder:**

- Rydding i modellen, hvordan hente ut relevant informasjon fra modellen (f.eks. mengder)? (Selekteringsverktøy).
- Se på relasjonen mellom G-prog beskrivelse og ByggOffice (NS3459)
- Hvordan bruke BIM-info så lenge det ikke foreligger en "perfekt" BIM?
- Hva savnes av informasjon i modellen? Hvilke krav settes videre?

Hovedsakelig skal masteroppgaven ta for seg på hvilken måte MajaTeknobygg kan nyttiggjøre seg av openBIM i kalkulasjonsprosessen før det er modent i bransjen.

Bjørn Christian Müller