

15. juli 2012

---

# BIM-Baseret Kalkulation i Designprocessen

---

Andreas G. Fangel

*Under vejledning af:*

Jan Karlshøj Morten Alsdorf



Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

# Titelblad

Titel: BIM-Baseret Kalkulation i Designprocessen  
Engelsk titel: BIM-Based Cost Estimation in the Design Process  
Projekttype: Bachelorspeciale (20 ECTS-point)  
Projektperiode: 1. februar 2012 - 15. juli 2012  
Forfatter: Andreas Gai Fangel (s082286)

Universitet: Danmarks Tekniske Universitet (DTU)  
Anker Egelunds Vej 1  
2800 Kongens Lyngby

Vejleder: Jan Karlshøj  
Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg  
Brovej, Bygning 118, Rum 245  
2800 Kongens Lyngby

Ekstern vejleder: Morten Alsdorf  
Rambøll Danmark A/S  
Hannemanns Allé 53  
2300 København S

Projektets hovedindhold udgør \_\_\_\_ sider.  
Der følger \_\_\_\_ bilag, samlet af \_\_\_\_ sider.

15. juli 2012 \_\_\_\_\_  
Andreas G. Fangel

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

# Forord

Nærværende projekt er udarbejdet ved Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg. Projektet er det afsluttende arbejde ved undertegnedes diplomingeniøruddannelse indenfor bygningsretningen.

Jeg siger stor tak til

Morten Alsdorf for inspirerende vejledning, konstruktiv kritik og indsigt i processerne forbundet med kalkulation for konstruktionsfaget.

Jan Karlshøj for et lærerigt samarbejde, kyndig vejledning og spændende samtaler.

Hans Kragh for indsigt i de økonomiske overvejelser forbundet med projekters helhedsøkonomi.

Niels Trelldal for indsigt i processerne forbundet med kalkulation for installationsfaget.

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

# Resume

Dette afgangsprøje handler om processerne forbundet med BIM-baseret mængdeudtræk til kalkulation af anlægsoverslag. Traditionelt har anlægsoverslag været forbundet med en række usikkerheder, blandt andet hvad angår mængdeoptællingen. Ved implementeringen af BIM-baseret mængdeudtræk foreligger der et potentiale for at tidsbesparelser samt højere præcision af mængder.

Prøjet er baseret på de praktiske processer for mængdeudtræk og kalkulation, samt kollisionskontrol, der er anvendt i case-studiet, *Udbyggelsen af Panum-komplekset*. Processerne forbundet med digitalt udtræk af mængder og kalkulation beskrives og analyseres med hensyn til usikkerheder, og især for førstnævnte potentialet for videreudvikling.

Fagkalkulationer er udført enten areal- eller bygningsdelsbaseret afhængigt af informationsniveauet af de respektive fagmodeller. De BIM-baserede mængdeudtrækningsprocesser er undersøgt med primært fokus på bygningsdele. Konsistens- og kollisionskontrol er anvendt til kontrol af validiteten af grundlaget for mængdeudtræk og hermed kalkulationen.

Erfaringer peger mod at processen forbundet med BIM-baseret mængdeudtrækning kan medføre en øget fleksibilitet for designændringer. Der er dog et væsentligt potentiale i tilpasning og videreudvikling af det anvendte mængdeudtræknings-værktøj, *Vico Office*, for at kunne udnytte det fulde potentiale af proces-tankegangen og hermed nedbringe tidsforbrug og risici for et forsat behov forbundet med manuelt arbejde. Med de foreslåede udviklinger vurderes det, at en øget nøjagtighed af udtrukne mængder for alvor kan frigøre det fulde potentiale for BIM-baseret mængdeudtræk. Hermed kan en primær risiko forbundet med kalkulation nedbringes.

Til sidst i konklusionen, anbefales der et implementeringsgrundlag for virksomheder der ønsker at anvende processerne forbundet med BIM-baseret mængdeudtræk,

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.



# Abstract

This thesis deals with the processes connected with BIM-based quantity take-off (QTO), which forms basis for BIM-based cost estimation (CE) in the design process. Throughout the traditional design processes, CE have been associated with various uncertainties of which traditional QTO has been associated with one of the dominating. BIM-based QTO induce a potential of time savings of the take-off process and higher precision of the quantities.

The processes of QTO and CE are analyzed and development potential is assessed based on a case study, *The expansion of the Panum complex*. The CE process has been examined with a primary focus based on building components. Consistency and collision control has been used to control the validity of the basis for the QTO and thus the calculation.

Based on experience gained from the practice period on the case study. It has been assessed that implementation of BIM-based CE can result in an increased flexibility regarding design changes. Furthermore, to benefit from the full opportunities of the processes in general and the utilized QTO-tool, *Vico Office*, significant potential for adaptation and development potential has been determined. The full potential triggers a considerable reduction in the total time of the QTO-process and the requirement of quality assurance which enables better flexibility according to design changes. Further, the accuracy of the extracted quantities increases. The potential of the findings thereby reduces the risks associated with the CE-process.

Finally, a series of recommendations has been set up as guidance for companies, which intent to implement the tools.

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

# Indhold

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>1</b>
1.1	Problem . . . . .	2
1.1.1	Problemformulering . . . . .	2
1.1.2	Problemafgrænsning . . . . .	2
1.2	Motivation . . . . .	2
1.2.1	Tilknytning til Rambøll . . . . .	3
1.3	Metode . . . . .	3
1.3.1	Teoretisk indgangsvinkel . . . . .	3
1.3.2	Empiriske undersøgelser . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Teoretisk grundlag</b>	<b>7</b>
2.1	Bygnings Informations Model/Modellering (BIM) . . . . .	8
2.1.1	Informationsniveau . . . . .	10
2.1.2	Konsistens-/kollisionskontrol . . . . .	10
2.1.3	buildingSMART Design . . . . .	11
2.2	Kalkulation: Proces og forudsætninger . . . . .	12
2.2.1	Status for kalkulation . . . . .	12
2.2.2	Prisgrundlag for kalkulation . . . . .	13
2.3	Aftalegrundlag . . . . .	17
2.3.1	Specifikationer for Informations- og Kommunikationsteknologi (IKT) . . . . .	17
2.3.2	Information Delivery Manual (IDM) . . . . .	18
2.4	Forudsætninger for digitalt udbud . . . . .	20
2.4.1	Beskrivende mængdefortegnelse (BMF) . . . . .	20
2.4.2	Mængdedefinitioner . . . . .	20
2.4.3	Dansk Bygge Klassifikation (DBK) . . . . .	21
2.4.4	Dokumentation af opmålingsgrundlag . . . . .	22
2.4.5	Udviklingsarbejde ved cuneco-projektet . . . . .	23
	Referencehenvisninger . . . . .	25
<b>3</b>	<b>Udbygning af Panum-komplekset</b>	<b>27</b>
3.1	Generel udbredelse af BIM i Rambøll . . . . .	27
3.2	Case-beskrivelse . . . . .	28
3.3	BIM-baseret kalkulation . . . . .	29
3.3.1	Kalkulation på fagniveau . . . . .	29
3.3.2	Kollisionskontrol . . . . .	30
3.3.3	Kalkulationsopsætning og -koncept . . . . .	32

3.3.4	Arealbaserede fagkalkulation . . . . .	32
3.3.5	Praktisering af BIM-baseret mængdeudtræk (og kalk.) . . . . .	33
3.3.6	Følgevirksomheder og kvalitetssikring . . . . .	37
3.3.7	Generelle overvejelser omkring anlægsoverslag . . . . .	37
3.4	Angrebsmetode af Digitalt Udbud . . . . .	40
	Referencehenvisninger . . . . .	41
<b>4</b>	<b>Diskussion og perspektivering</b>	<b>43</b>
4.1	BIM-baseret udtræk af mængder . . . . .	43
4.1.1	Forbedringspotentialer af mængdeudtræknings-proces . . . . .	43
4.1.2	Potentiale for tidsbesparelse . . . . .	45
4.2	Kalkulation af anlægsoverslag . . . . .	46
4.2.1	Form for budgetfastlæggelse ift. <i>buildingSMART Design</i> -potentiale . . . . .	46
4.2.2	Forudsætninger for digitalt udtræk af mængder . . . . .	46
4.2.3	Generelle usikkerhedsfaktorer . . . . .	46
4.2.4	Reel pris af anlægsoverslag . . . . .	48
4.3	Digitalt Udbud . . . . .	49
4.3.1	Rådgivers bekymringer . . . . .	49
4.3.2	Tilbudsgrundlag og -proces . . . . .	49
<b>5</b>	<b>Konklusion</b>	<b>51</b>
<b>A</b>	<b>Udfoldningsdiagrammer</b>	<b>53</b>
<b>B</b>	<b>Interviews</b>	<b>59</b>
B.1	Morten Alsdorf (KON) . . . . .	60
B.2	Niels Tredal (INST) . . . . .	63
<b>C</b>	<b>Kollisionsrapport (uddrag)</b>	
	Panum-udbygningen, niveau 10	<b>65</b>

# Figurer

1.1	Panum-udb.: Projektorganisation . . . . .	4
2.1	3D-CAD Koncept-udvikling . . . . .	8
2.2	BIM, konceptillustration . . . . .	8
2.3	BIM, informationsniveauer . . . . .	10
2.4	buildingSMART Design . . . . .	11
2.5	Overordnet DBK-stuktur . . . . .	21
2.6	DBK Kodningsprincip . . . . .	21
2.7	CCS faser . . . . .	23
3.1	Koncerthuset Harpa . . . . .	27
3.2	Rambøll Head Office . . . . .	27
3.3	Panum-udb.: Visualisering . . . . .	28
3.4	Panum-udb.: Hovedtidsplan . . . . .	29
3.5	Panum-udb.: Kalkulationsstruktur . . . . .	32
3.6	Vico Office: Processdiagram for mængdeudtræk . . . . .	33
3.7	Vico Office: LBS Manager (brugerinterface) . . . . .	36
3.8	Vico Office: Cost Planner (brugerinterface) . . . . .	36
3.9	Betydning af byggeriets fleksibilitet, økonomi og udvikling . . . . .	38
4.1	Potentiale for tidsbesparelse ved digitalt mængdeudtræk . . . . .	45
A.1	Udfoldningsdiagram: BIM-baseret projektering . . . . .	55
A.2	Udfoldningsdiagram: Kalkulation og digitalt udbud . . . . .	57

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

# Tabeller

2.1	Behov til mængdeudtræks- og kalkulationsprogrammer . . . . .	13
2.2	IDM-struktur, kollisionskontrol . . . . .	19
2.3	Opmålingsregler, eksempel . . . . .	23

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.



# Kapitel 1

## Indledning

I takt med udbredelsen af *Bygnings Informations Modelling* (BIM), er grundlaget lagt for at nedbringe tidsforbruget og usikkerheden forbundet med mængdeoptælling.

IKT-specifikationerne fungerer som katalysator for udbredelsen og anvendelsen af BIM, idet der foreligger specifikke krav til anvendelsen af processer (eksempelvis digitalt udbud) og resultater (herunder digital aflevering).

Kalkulation af anlægsoverslag baseret på digitalt udtrukne mængder er tæt forbundet med den mængdeudtrækningsproces, der kan ligge til grund for tilbudslisterne ved digitalt udbud.

Traditionelt kalkuleres anlægsoverslag enten areal- eller bygningsdelsbaseret på baggrund af manuelt optalte mængder og enhedspriser. Der vil derfor være usikkerheder forbundet med blandt andet mængdeoptællingen og vurderingen af enhedspriserne. Derfor, når bygherre på baggrund af projektforslaget og det tilhørende anlægsoverslag, beslutter om byggeriet skal gennemføres, er det uskrevne mål for anlægsoverslaget er at opnå den højeste grad af nøjagtighed.

Hermed i anlægsoverslags-sammenhæng er projektets primære fokus offentlige og tilsvarende byggerier, hvor budgetrammen fastlægges på baggrund af anlægsoverslag i udgangen af projektforslagsfasen.

Projekt tager udgangspunkt i de praktiske processer og anvendelsesmuligheder for mængdeudtræk og kalkulation, samt kollisionskontrol, der er anvendt i case-studiet, *Udbyggelsen af Panum-komplekset*, på baggrund af et praktisk forløb ved en konstruktionsafdeling i Rambøll. Som sekundært fokus betragtes endvidere processerne og overvejelserne forbundet med digitalt udtræk af mængder til tilbudslister ved digitalt udbud. Endeligt vurderes særlige udfordringer og potentielle udviklingsmuligheder.

## 1.1 Problem

### 1.1.1 Problemformulering

Grundlaget for nærværende projekt omfattes af deltagelse i udarbejdelsen af projektforslaget til Udbyggelsen af Panum-komplekset ved Rambøll. Jeg tager del i de arbejdsopgaver der er tilknyttet: kollisionskontrol, mængdeudtræk og priskalkulation.

På baggrund af det praktiske forløb undersøges og beskrives arbejdsprocesserne nærmere og der redegøres for karakteristiske udfordringer. Endvidere opstilles potentielle løsningsmuligheder.

### Læringsmål

Følgende læringsmål er opstillet i samarbejde med Jan Karlshøj og har udgjort en supplerende til problemformuleringen:

- Læse et mindre antal videnskabelige artikler vedr. modelbaseret kalkulation.
- Forstå processen i forbindelse med prissætning af udførelsesomkostninger i de indledende projekteringsfaser.
- Forstå databehovet i forbindelse med priskalkulationer.
- Opnå erfaringer med modelbaseret priskalkulation, samt kvalitetssikring af data.

### 1.1.2 Problemafgrænsning

Nærværende projekt varetager et fokus på udfordringerne med BIM-baseret mængdeudtræk, hvilket kan ligge til grund for kalkulation igennem designfaserne i et byggeprojekt, samt i fasen for digitalt udbud. Processer forbundet med kollisionskontrol behandles tillige med henblik på kvalitetssikring af grundlaget for det digitale mængdeudtræk, samt afgrænsning af kritiske fejl, som kan have betydning for projekteringsøkonomien.

Det primære fokusområde er således processerne i relation kalkulation på baggrund af BIM-baseret mængdeudtræk på bygningsdele i designfaserne, mens at problemstillinger forbundet med digitalt udbud behandles som et sekundært fokusområde på et mere reflekterende niveau.

## 1.2 Motivation

Igennem mit grundforløb på diplomuddannelsen og efterfølgende supplerende valgfag, har jeg haft anledning til at følge kurserne *11703 Digitale bygningsmodeller* og *11034 Videregående Bygnings Informations Modellering*. Begge kurser har fremmet min interesse for konceptet og potentialet forbundet med BIM.

Endvidere har min plan om at fortsætte på en overbygning til civilingeniør, medvirket til ønsket om at vælge et emne for diplom-afgangsprojektet, som kan bidrage med supplerende kompetencer, som ikke direkte opnås under det fremtidige overbygningsstudie.

### 1.2.1 Tilknytning til Rambøll

Siden januar 2011 har jeg været tilknyttet afdelingen for *Eksisterende Byggeri* hos *Rambøll* i *Ørestad* - først som praktikant og efterfølgende som studiemedhjælper. Her har jeg haft lejlighed til at beskæftige mig med en række af forskellige typer af ingeniøropgaver. Den mest opfattende opgave jeg har taget del i var i forbindelse med anlægsprojektet, *Nordhavnsvejen*, hvor fire bevaringsværdige bygninger på *Svanemøllens Kaserne* skulle dokumenteres ved laserscanning og 3D-modellering inden nedrivning (grundet udførelseskonceptet af den fremtidige tunnel). Når *Nordhavnsvejen* er færdigbygget er planen at de bevaringsværdige bygninger genopføres.

Med min tilknytning til *Rambøll* har det været nærliggende at lave nærværende diplom-afgangsprojekt som et samarbejde mellem *DTU* og *Rambøll*. Udgangspunktet har hermed været en problemstilling, der fra begge parter side, har været interesse for, at få nærmere undersøgt og dokumenteret.

### Udvikling af egen viden

Startende på bunden med simpel kendskab til brugen af *V&S Prisdata* til kalkulation, har jeg gradvist fået mere indsigt i de reelle problemstillinger forbundet med *BIM*-baseret kalkulation og digitalt udbud, samt generel implementering af *BIM*-værktøjer på et mere ledelsesmæssigt niveau.

Når jeg reflektere over arbejdsprocessen, er det især i den sidste fase af afgangsprojektet at trådende har samlet sig og helheden af problemstillingen virker håndterbar.

Jeg synes at projektførelsen har givet mig nogle yderst brugbare kompetencer, både i relation til mine *BIM*-kunderskaber, men samtidigt også i forhold til den generelle forståelse af byggeriets designfaser, samt overvejelser inden for projektledelse.

## 1.3 Metode

### 1.3.1 Teoretisk indgangsvinkel

I kapitel 2 beskrives de emner som er fundet relevante som baggrundsviden for projektet. De teoretiske afsnit danner rammen for empirien i efterfølgende kapitler med udgangspunkt i vidensgrundlaget for medstuderende. Litteraturstudiet er anvendt som et værktøj til at redegøre for den seneste udvikling inden for *BIM*-baseret kalkulation.

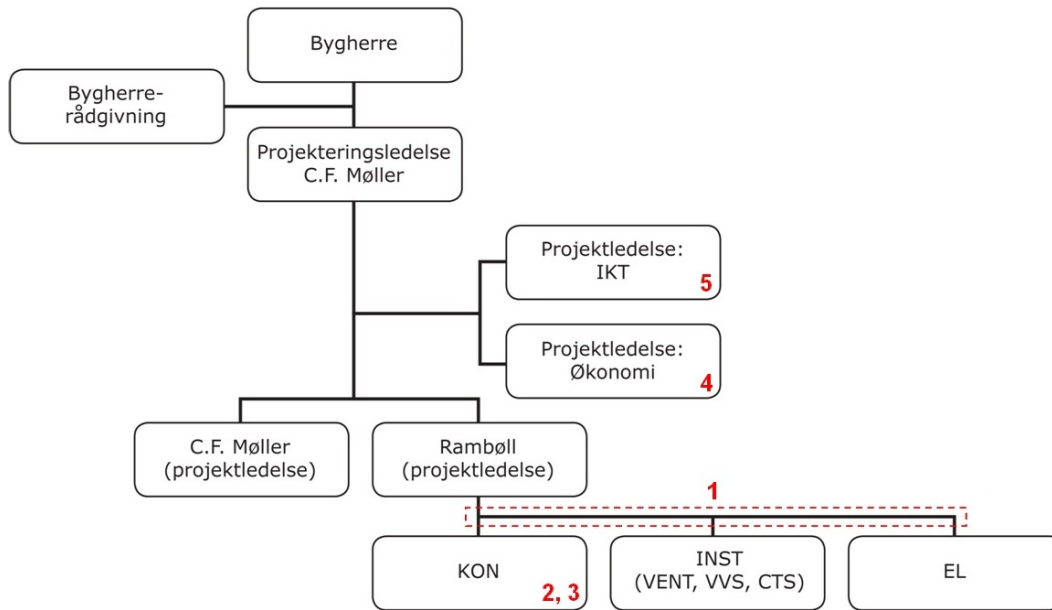
### 1.3.2 Empiriske undersøgelser

Det empiriske grundlag er baseret på det praktiske forløb med deltagelse i *Panum*-udbygningen, samt interviews.

### Praktisk forløb: *Panum*-udbygningen

I *Rambøll*-regi projekteres større projekter generelt ved at der nedsættes projekterings-teams, på tværs af afdelinger. Deltagelsen i arbejdsopgaver forbundet med kollisions-

kontrol, mængdeudtræk og priskalkulation har været med en række forskellige vejledningspersoner, som har været fordelt i henhold til organisationsdiagrammet, se figur 1.1. Det praktiske forløb har været udstrakt fra medio januar til medio april, under hvilket 3,5-4 dage om ugen er blevet dedikeret - heraf er gennemsnitligt én dag egentligt honoreret som studenterarbejde og »som tak for et godt stykke arbejde«, jævnfør Morten Alsdorf.



**Figur 1.1:** Projektorganisation på Panum-udbygningen.  
(Udarbejdet til nærværende projekt.)

Nummereringen af følgende vejlederbeskrivelser refererer til numrene i projektorganisationen ved figur 1.1.

1. KOLLISIONSKONTROL:

Birgit Thomsen (teknisk assistent med stor erfaring i el-teknik, og tværfaglig CAD-koordinator på Panum-udbygningen) har stået for den interne tværfaglige koordinering og udførelse af kollisionskontrol med *Solibri Model Checker* i Rambøll, til hvilket hun har vejledt.

2. MÆNGDEUDTRÆK:

Simon Pedersen (civilingeniør med speciale i konstruktioner) har siddet i spidsen for udviklingen af processerne forbundet med digitalt udtræk af mængder i relation til kalkulation og digitalt udbud, med brug af *Vico Office*. Simon Pedersen har fungeret som vejleder for dette fagområde.

3. KALKULATION:

Morten Alsdorf (projektleder med speciale i BIM og IKT-aftalegrundlag, samt dimensionering af konstruktioner) og Simon Pedersen m.fl. har stået for kalkulation af anlægsoverslag for konstruktionsfaget ved *Sigma 2010 Enterprise*, til hvilket de begge har vejledt.

4. OVERORDNET ØKONOMI:

Morten Alsdorf og Hans Kragh (projektdirektør for Rambøll på Panum-udbygningen, samt tidligere komplekse byggerier) har i samarbejde stået for projektledelsen af den overordnede økonomiske budgetramme, til hvilket de begge har vejledt.

5. IKT:

Morten Alsdorf har bidraget med input vedrørende IKT, hvilket han har stået for projektledelsen af på Panum-udbygningen.

GENEREL VEJLEDNING:

Morten Alsdorf har igennem projektet bidraget med input til projektet som ekstern vejleder.

### Interviews

Nedenfor følger korte beskrivelser af interviews der er foretaget med rådgivende ingeniører der til hverdag praktiserer og arbejder med digitalt mængdeudtræk og kalkulation, samt med afdelingsleder René Olsen ved Byggecentrum vedrørende grundlag og usikkerheder forbundet med enhedspriser;

- Morten Alsdors; projektleder ved konstruktionsfaget i Rambøll.  
Vedrørende digitalt mængdeudtræk og kalkulation for konstruktionsfaget.  
Interviewet findes i bilag B.1
- Niels Treldal; projektleder ved installationsfaget i Rambøll.  
Vedrørende digitalt mængdeudtræk og kalkulation for installationsfaget.  
Interviewet findes i bilag B.2)
- Hans Kragh; projektdirektør ved Rambøll på Panum-udbygningen.  
Vedrørende generelle processer og overvejelser forbundet med vurdering og kvalitetssikring af anlægsoverslag.  
Koncentrater af Hans' kommentarer er indarbejdet i relevante afsnit, hvori der refereres.
- René Olsen; projekt- og afdelingsleder for V&S-afdelingen ved Byggecentrum.  
Vedrørende fastsættelsen og usikkerheder forbundet med enhedspriser.  
Interviewet findes i under afsnittet om kalkulationsforudsætninger i casen.

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

## Kapitel 2

# Teoretisk grundlag

Den overordnede sammenhæng mellem de følgende emner i teori afsnittet, i relation til BIM-baseret projektering (på fagniveau), er sammenstillet på et udfoldningsdiagram som findes ved figur A.1 i bilag A.

Processerne forbundet med digitalt mængdeudtræk, som kan danne grundlag for enten (1) kalkulation til anlægsoverslag eller (2) tilbudslister til digitalt udbud, er visualiseret i udfoldningsdiagrammet ved figur A.2. Bemærk at disse processer tillige beskrives nærmere i kapitel 3.

NB! Det anbefales at læseren sideløbende med, at følgende afsnit læses, har foldet førstnævnte diagram ud for at få et forbedret overblik over sammenhængen mellem processer og begræber i relation til projektering.

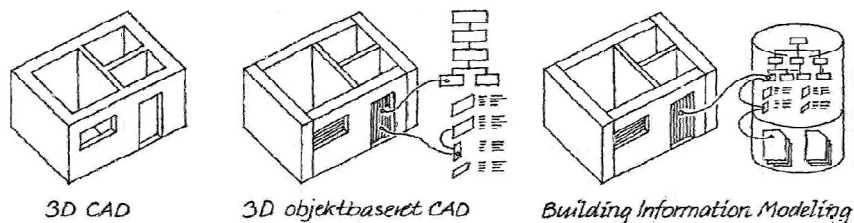
### CAD-udvikling

*Computer Aided Drafting/Design* (eller i daglig tale CAD) har altid betydet at manipulere geometri ved hjælp af computere, og med de første programmeringsbaserede CAD-systemers opståen i 1960'erne (f.eks. *Sketchpad*), blev fundamentet lagt for digitalt 2D tegningsmateriale. Siden har både erhvervslivet og den akademiske verden spenderet utallige timer på forskning og udvikling af problemet med at beskrive geometri digitalt. Afkommet fra disse bestræbelser var, og er fortsat, den centrale teknologi i CAD-systemer (Ibrahim et al., 2004).

Allerede i 1977 begyndte udviklingen af de første 3D-CAD programmer, men først i midt 1990'erne vandt 3D-CAD programmer mere udbredelse, f.eks. *AutoDesk Mechanical Desktop* i relation til maskiningeniørfaget (CADAZZ, 2012). Konceptet for disse programmer er illustreret ved venstre skitse i figur 2.1.

Det næste trin i udviklingen fortsatte i form af 3D objektbaserede programmer, svarende til midterste skitse i figur 2.1. Ideen om objektorienteret CAD er ikke ny og har altid været forudset som den ideelle måde at repræsentere en bygning digitalt, men dette er dog først blevet realiseret kommercielt indtil for nylig, grundet den øgede kapacitet af den almindelige computer. Graphisoft's *ArchiCAD "Virtual Building"* (1984) var en af de første kommercielle programmer som benyttede sig af

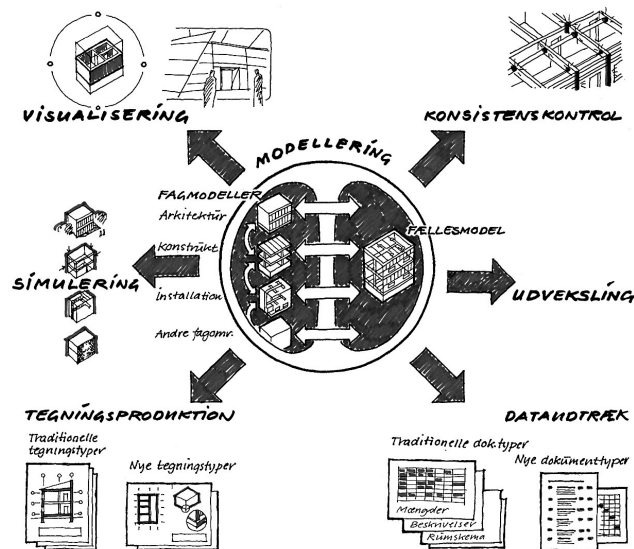
objektbaseret modellering, hvor en database med informationer kunne dokumentere et helt byggeri, og således tilknytte egenskabsdata og informationer, hvilket muliggjorde udtræk af bl.a. mængdelister.



**Figur 2.1:** Udvikling af 3D-CAD koncepter.  
(Kilde: 3D arbejdsmetode af Det Digitale Byggeri (a))

## 2.1 Bygnings Informations Model/Modellering (BIM)

Overordnet kan *Bygnings Informations Modellering* (BIM), både defineres ud fra en teknologisk- og en procesorienteret vinkel. *National Institute of Building Sciences* (NIBS) definerer BIM i deres amerikanske, nationale BIM-standard som værende en digital repræsentation af fysiske og funktionelle egenskaber ved et byggeri/anlæg, der fungerer som en håndterbar informations- og vidensressource (se figur 2.2), som giver et pålideligt grundlag for beslutninger i løbet af projektets livscyklus fra start og fremefter. (McGraw Hill Construction, 2007). Således betegner BIM arbejdsprocessen med oprettelse og styring af digitale, objektbaserede, 3D-modellerede bygninger. BIM adskiller sig fra det tidligere stadie ved, at bygningsmodellen kan forstås som en database af informationer om bygningsobjekter (se højre skitse i figur 2.1).



**Figur 2.2:** BIM-koncept.  
(Kilde: 3D arbejdsmetode af Det Digitale Byggeri (a))



At hver bygningskomponent modelleres som individuelle, digitale, geometriske objekter er således også et grundlæggende princip for Bygnings Informations Modeller (BIM), hvor det enkelte objekt tilknyttes egenskabsdata (f.eks. materiale, mm.) og informationer (f.eks. anlægs- og vedligeholdelsesomkostninger, samt DBK-nr. og beskrivelser mm.). Bygningsobjekternes indbyrdes placering i forhold til hinanden sikres ved parametrisk sammenkobling.

På baggrund af en BIM-model er det muligt at generere tegningsmateriale, samt at lave udtræk af data til mængdelister, jævnfør figur 2.2. Et primært aspekt ved BIM-konceptet er, at modeller kan eksporteres på tværs af programmer (og fag) via det neutrale dataformat *Industry Foundation Classes* (IFC)<sup>1</sup>.

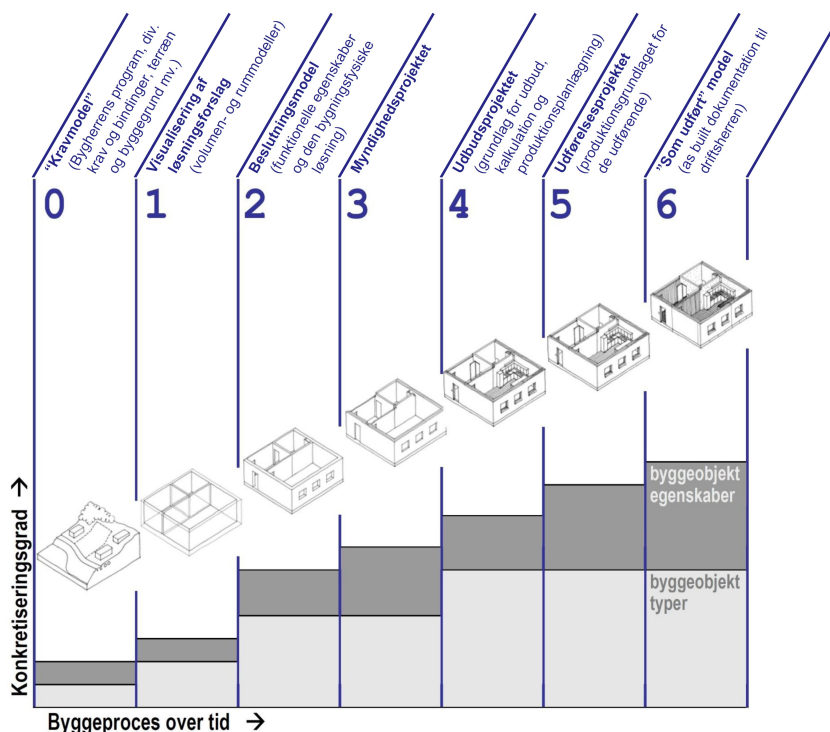
Anvendelsen af BIM i projekteringsammenhæng på store projekter tager som oftest udgangspunkt i fagmodeller, hvilket betyder at de enkelte fag (arkitekt, ingeniører og evt. entreprenør) skaber uafhængige modeller. Derfor er tværfaglig udveksling essentiel for bl.a. at koordinere modellernes geometri, hvilket kan gøres ved kollisionskontrol.

---

<sup>1</sup>IFC-formatet er udviklet og administreret af *buildingSMART*. Opbygning og kodestrukturen af IFC-formatet kan findes nærmere beskrevet i et eksempel i litteraturlisten af (buildingSMART, Thomas Liebich, 2012)

### 2.1.1 Informationsniveau

Graden af detaljering af en BIM-model defineres på forskellige *informationsniveauer*, hvilke fungerer som milepæle i modelleringssammenhæng. Informationsniveauerne kan samtidigt fungere som et værktøj til at afgrænse fin-detaljering på et for tidligt stadie. Der opereres generelt med syv niveauer som følger af figur 2.3. Heraf ses det, at fællesmodellen bliver mere detaljeret i henhold til modellerede bygningsdele og de informationer der er tilknyttet det enkelte objekt i forhold til byggeriets faser. Da fagmodeller kan forekomme på forskellige informationsniveauer, er nedenstående figur primært tiltænkt som en sammenfatning af konceptet. Det bemærkes at der i skrivende stund ikke foreligger et entydigt standardiseret grundlag for beskrivelse af informationsniveauer, hvorfor specifik anvendelse af konceptet er begrænset.



**Figur 2.3:** Koncept for informationsniveauer.  
(Kilde: frit efter 3D arbejdsmetode af Det Digitale Byggeri (a))

### 2.1.2 Konsistens-/kollisionskontrol

Kollisionskontrol udføres internt for at verificere konsistensen af den udarbejdede model. Kontrol udføres desuden til tværfaglig koordinering imellem fag. Eksempelvis kan der udføres kollisionskontrol af konstruktionsmodellen mod respektivt arkitekt-, VVS-, EL- og ventilationsmodellen).

Når kalkulationer baseres på mængdeudtræk fra BIM-modeller, er kollisionskontrol et værktøj der kan bidrage til højere nøjagtighed i mængderne, idet kollisionskontrol giver overblik over modellerings- og projektfejl.

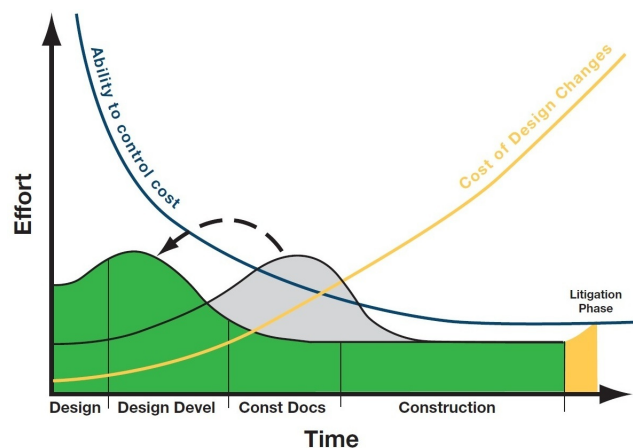
*BIM Colaboration Format* (BCF)<sup>2</sup> har potentiale for at lette udredelsesarbejdet af fundne kollisioner. For hver kollision i kontrolprogrammet (f.eks. Solibri) tilknyttes en uddybende kommentar, samt en reference til de(t) involverede objekt(er) (inklusiv et kamerapunkt og -vinkel), hvilket indebærer at man tilbage i modelleringsprogrammet (f.eks. Tekla) har mulighed for at få anvist hvor i modellen kontrollen har givet udfald.

Med hensyn til hvornår der typisk udføres kollisionsskontrol og i hvilket omfang, refereres til afsnit 2.3.2 med et eksempel på en *Information Delivery Manual* ift. kollisionsskontrol.

### 2.1.3 buildingSMART Design

I den traditionelle projektgennemførelse forekommer den primære arbejdsindsats i forbindelse med udarbejdelsen af for- og hovedprojekt. På dette stadie er det svært at nyttiggøre entreprenørernes bidrag til at reducere anlægsomkostningerne på grund af, at størstedelen af projekteringen er udført og at de betydningsfulde beslutninger er taget, hvorfor det er bekosteligt at omprojektere, se figur 2.4.

Perspektivet ved anvendelse af *buildingSMART Design* er, at tyngden i projekteringsarbejdet fremskyndes til et tidligere stadie i designprocessen, herunder til projektforslagsfasen. Derudover øger konceptet muligheden for at nyttiggøre entreprenørernes forslag til projektforbedringer pga. lettere tilpasningsmulighed samt lavere omkostninger ved projekttilpasning (McGraw Hill Construction, 2007).



**Figur 2.4:** Koncept for *buildingSMART Design*.  
(Kilde: Koncept af Patrick MacLeamy, udgivet ved McGraw Hill Construction (2007))

<sup>2</sup>BCF er en udbygning af IFC-formatet, som er baseret på XML.

## 2.2 Kalkulation: Proces og forudsætninger

### 2.2.1 Status for kalkulation

Kalkulation vedrører processen forbundet med forudsigelse af anlægsomkostninger af det endelige slutprodukt. Ifølge D. Halpin (2005) omfatter kalkulation generelt følgende skridt i udviklingen af et estimat:

1. Projektet opdeles i omkostningsposter, der repræsenteres af fysiske bygningskomponenter og reelle processer.
2. Nødvendige mængder for omkostningsposter estimeres. For fysiske systemer vil det sige mængdeopgørelser.
3. (Enheds-)priserne fastlægges for de individuelle mængder fastlagt i trin 2 med historisk data, entreprenørtilbud, leverandør-kataloger og anden prisinformation.
4. Den samlede pris for hver omkostningskomponent kalkuleres som et multiplum af den nødvendige mængde og enhedsprisen.
5. Tillæg mht. profit, faste- og uforudsete udgifter tilføjes.

Af den traditionelle kalkulationsproces udgør mængdeoptælling i størrelsesordenen 50-80% af det samlede tidsforbrug med kalkulation, hvilket er vist i en amerikansk undersøgelse foretaget af AIA, Rick Rundell (2006). Case studier foretaget af *Innovaya* har desuden vist at en BIM-baseret kalkulationsproces i relation til effektivitet kan optimeres med størrelsesordenen 300%, med firmaets egne programløsninger for mængdeudtræk og kalkulation (Innovaya, 2010). Uden at gå dybere ned i undersøgelserne, vidner erfaringerne på baggrund af disse om et potentiale for forbedring. Den primære fordel ved anvendelse af BIM-baserede værktøjer til estimering af omkostninger forbundet med bygeprojekter, forekommer i relation til digitalt mængdeudtræk, ifølge Eastman et al. (2011). Potentielt kan kalkulation således baseres på automatisk udtrukne mængder fra en BIM-model.

En række case-studier udført af Hartmann et al. (2012) anskueliggør en potentiel tidsbesparelse i relation til mængdeopgørelse i udbudsfasen foretaget på traditionel vis kontra på baggrund af BIM-modeller.

Det vurderes således entydigt at der foreligger et væsentligt potentiale for automatiserede og digitaliserede udtrækningsprocesser, dog med forbehold i relation under selve implementeringen af processerne i en virksomhed, hvor tidsbesparelsen under de første projekter vil være begrænset. De BIM-baserede værktøjer muliggør desuden en højere grad af dynamik og fleksibilitet igennem kalkulationsprocessen i relation til designændringer, hvor estimatorerne tidligere har været nødsaget til at gennemgå alt designmaterialet for at finde og indarbejde projektændringer.

I Hartmann et al. (2012), fremhæves det uddybende at estimeringsgrundlaget og -værktøjerne bør varetages omhyggeligt i relation hertil:

- Et specifikt afklaret detaljeringsniveau (og hermed kalkulationsgrundlag) i form af BIM-modellen skal imødekommes.
- De BIM-baserede værktøjer skal tillade estimatorer at udtrække mængder af bygningsdele efter en ønsket kalkulationsstruktur.
- De BIM-baserede værktøjer til mængdeudtræk skal udlede nøjagtige mængder for hver af de omkostningselementer som er defineret i kalkulationsstrukturen.

Mere specifikt har Ma et al. (2010) defineret en række forudsætninger, som bør understøttes af it-værktøjer til BIM-baseret kalkulation for at opnå optimal udnyttelse i den kinesiske byggeindustri, hvor der foreligger specifikke standarder for mængdeudtræk og kalkulation. Programforudsætningerne er gengivet i tabel 2.1, hvoraf de primære behov fremgår.

**Tabel 2.1:** Behov til mængdeudtræks- og kalkulationsprogrammer  
(Kilde: frit efter Ma et al. (2010))

Nr.	Behov	Beskrivelse
1	Automatisk import	Import af IFC-data skal understøttes. Manuelt arbejde bør negligeres, herunder identifikation af prisgivende parametre, for at eliminere manuelt dobbeltarbejde og øge hastighed og kvalitet.
2	Interaktiv 3D visualisering	Brugeren kan problemfrit navigere i modellen, bl.a. med henblik på undersøgelse af egenskabsdata for objekter. 3D objekterne er interaktive og valgbare. Ændring af egenskabsdata understøttes.
3	Automatisk sammenkædning	Automatisk sammenkædning mellem bygningselementer og enhedspriser.
4	Automatisk håndtering af modelændringer	Mængder og kalkulation justeres automatisk, hvis der er foretaget ændringer i modellen. De ændrede objekter bør fremhæves f.eks. ved ændrede, nye eller slettede objekter.
5	Eksport af standard kalkulationsdata	Eksport af IFC-format skal understøttes. Dette inkluderer bygningselementers dimensioner (herunder prisgivende), konstruktionsprocesser og enhedspriser til øvrige BIM-baserede kalkulationsprogrammer.

### 2.2.2 Prisgrundlag for kalkulation

Grundlæggende for kalkulation er at der skelnes mellem bygningsdels- eller arealbaseret kalkulation. Kalkulationerne udføres typisk på fagniveau og samles til sidst, for at give et samlet anlægsoverslag. Ved kalkulationen skønnes en enhedspris, enten pr. XX-enhed af bygningsdelen (f.eks. lbm for søjler, m<sup>2</sup> for betonhuldæk osv.) eller pr. kvadratmeter af et etageareal, hvorunder sidstnævnte udgør en sammensat pris for samtlige bygningsdele for pågældende fagkalkulation.

#### Anslag af bygningsdels-enhedspris

Når man anslår enhedspriser, kræver det en vurdering af hver udgiftspost til hvert objekt for at opnå en præcis enhedspris. Dette kan være nødvendigt i tilfældet hvor prisen ikke figurerer eller hvor prisen er erfaret, at være forbundet med en betydelig

usikkerhed i den anvendte prisdatabase, f.eks. V&S-prisbøger. Priserne vil i dette tilfælde anslås på baggrund af erfaring eller indhentning af reelle tilbud fra den nærværende entreprise. De primære udgiftsposter vil da udgøres af:

- Anskaffelse og leveringsomkostninger af materialer, samt spild og bortskaffelse af affald
- Afbetaling/leje af materiel
- Arbejdstimer til udførelse, herunder løn og øvrige sociale omkostninger.

Ud over de umiddelbare omkostninger bør der tages hensyn til mængderne, idet der må kunne forventes et afslag afhængigt af opgavens størrelse.

### V&S Prisdata

På baggrund af et interview med René Olsen (afdelingsleder og projektleder i afdelingen for *V&S Prisdata*<sup>3</sup> ved *Byggecentrum*) fremlægges i det følgende de primære beregningsforudsætninger og forståelsesgrundlaget for de prisdata, der stilles til rådighed i form af V&S Prisbøger fra *Byggecentrum*.

#### STRUKTUR OG ENHEDER:

V&S Prisdata er for visse databaser/bøger generelt inddelt efter et udbygget SfB-system (1988) og for andre databasebøger et egenudviklet struktursystem. Prisbogen *Nybyggeri - Bygningsdele* er opdateret efter DBK-strukturen.

Prisdata er baseret på de aktiviteter der bliver brugt i praksis, hvilket mere specifikt vil sige at enhedsgrundlaget for bygningsdele i prisbøgerne baseres på de enheder, der bliver brugt i praksis. »Vi indarbejder løbende de gældende standarder,« udtalte René Olsen.

Såfremt de fremtidige vejledninger for opmålingsregler fra Cuneco opnår anerkendelse fra byggebranchen, vil disse blive implementeret i V&S Prisdata. *Byggecentrum* har interesse i at afspejle markedet, i hvilken sammenhæng René Olsen med hensyn til implementeringen af det fremtidige opmålingsregelsæt fra *cuneco* og CCS-klassifikationssystemet udtaler, »vi vil absolut medvirke til udnyttelsen af det potentiale, der foreligger med automatiseret BIM-baseret kalkulation.«

#### GRUNDLAG FOR REGULERING:

Prisbøgerne opdateres årligt med ny udgivelse hver 1. januar. På grund af den omfattende datamængde i prisbøgerne er databasen opbygget med reference til justerbare delkomponenter, forbundet med mandtimeforbrug, arbejds løn, materielleje og nettomaterialepris (med tillæg for spild). Herved kan f.eks. timelønnen for en betonarbejder og omkostninger til in-situ støbt beton justeres for samtlige poster hvor disse indgår. Den parametriske databasestruktur medvirker dog fortsat til, at der foreligger tusindvis af justerbare delkomponenter.

---

<sup>3</sup>V&S Prisdata blev oprindeligt startet af *Viemose og Spiele Byggedata A/S*

Visse priser, der gennemgås under en revision, indekseres i henhold til omkostningsindekset fra *Danmarks Statistik*.

GRUNDLAG FOR INDSAMLING AF PRISDATA:

Materiale- og materielpriser vurderes på baggrund af indsamlet data fra leverandører, mens omkostninger til løn justeres i henhold til DA's strukturstatistik. Den endelige arbejdsløn er inklusiv bidrag til sociale ydelser mm. Timeforbruget for de enkelte opgaver vurderes på baggrund af kuranten<sup>4</sup> for de respektive entrepriser. Hvis et givet timeforbrug ikke figurerer af en kurant, indsamles data fra en bred vifte af den pågældende entreprise, bl.a. ved indhentning af tilbud eller øvrige vejledninger.

USIKKERHED FORBUNDET MED OVERSLAG:

» Ved at anvende V&S Prisdata til kalkulation af anlægsomkostninger, vil overslagsprisen sammenlignet med indkomne tilbud ved udbud typisk ligge i 2. kvartil, hvilket vil sige intervallet mellem 50%- og 75%-fraktilen. Dette er under forudsætning af, at en opgave udføres af et standardfag under "normale" udførelsesbetingelser. Vores priser ligger altså generelt en smule over gennemsnittet.

Brugen af V&S Prisdata, skal altid forbindes med nøje overvejelser omkring hvilke øvrige forhold der kan influere på byggeomkostningerne, f.eks. byggeriets kompleksitet. Til dette formål har vi en standardliste med 10 korrigeringspunkter, hvilke som minimum bør tages op til overvejelse,« udtalte Rene Olsen.

De ti korrigeringspunkter foreligger, jævnfør informationsbladene til samtlige af V&S Prisdatabaser, som følger

- *Arbejdets geografiske placering (tillæg/fradrag)*
- *Tidspunkt for arbejdets udførelse - evt. behov for indeksering*
- *Konjunkturforhold: F.eks. ekstraordinært stort udbud af opgaver = tillæg*
- *Tilgængelighed: Dårlig = tillæg*
- *Arbejdsbetingelser, f.eks. jordbundsforhold: Besværlige = tillæg*
- *Definering af arbejdet: Uklar = tillæg*
- *Storkunderabat = fradrag (kun i materiale-/materiellejeandelen)*
- *Ekstraordinær materiale-/materiellejerabat = fradrag (kun disse andele)*
- *Ekstraordinær prisændring på specifikke råvarer = tillæg/fradrag*
- *Brug af eget materiel = evt. fradrag (kun i materiellejeandelen)*

**Arealpriser**

Nøgletals-arealpriser anslås ofte på baggrund af erfaringsdata fra øvrige sammenlignelige byggerier. Den totale byggeomkostning fordeles pr. kvadratmeter etageareal og tilpasses i henhold til bytteriets kompleksitet, samt byggeindeks<sup>5</sup> og øvrige karakteristiske aspekter der har influeret det sammenlignelige byggeri. Nøgletalspriserne kan bl.a. bruges i relation til kontrol af det samlede anlægsoverslag. Der bruges tilsvarende nøgletalspriser på politisk niveau når der bevilges til fremtidige byggerier.

<sup>4</sup>F.eks. udgiver *TEKNIQ* ((EL-)Installatørernes Organisation) en landspriskurant for EL-entreprenørerne, af hvilken det normale timeforbrug for en bred vifte af opgaver fremgår.

I de tidlige designfaser (dispositionsforslag og projektforslag, afhængigt af faget) er arealbaseret fag-kalkulation nødvendig grundet manglende specifikt kendskab til de reelle bygningsdele. Disse arealpriser baseret på ovennævnte metode, men hvor det er de fagspecifikke omkostninger for et tilsvarende byggeri der danner ramme for arealpriserne (Hans Kragh, Rambøll). Alternativt bruges V&S Prisdata, hvilke særligt for installationsfagene tilgodeser omkostningerne forbundet med de forskellige typer installationsanlæg; VVS, ventilation og EL. (Niels Tredal, Rambøll, ved interview i bilag B.2)

---

<sup>5</sup>Byggeindekset viser omkostningsudviklingen inden for byggebranchen. I indekset indgår løn- og materialeomkostninger.



## 2.3 Aftalegrundlag

Rådgivernes grundlæggende kontraktvilkår med bygherre udgøres af *ABR89* og *PAR & F.R.I.'s*<sup>6</sup> ydelsesbeskrivelse, herudover haves tillægsaftaler ved *IKT*<sup>7</sup>-specifikationer, som mere specifikt beskriver de enkelte processer og milepæle. Som tillægsaftale til IKT haves en række *IDM*<sup>8</sup>-processparadigmaer. Helt generelt beskriver IKT-specifikationerne ydelserne på et overordnet niveau, mens at IDM-aftalerne beskriver mere i detaljer hvordan ydelserne udføres.

I forbindelse med kalkulation og digitalt udbud er det især interessant, mht. det overordnede aftalegrundlag, at bemærke:

- Jævnfør ABR89, foreligger et klausul om omprojektering ved for høj pris af indkomne tilbud.
- Tegningsmaterialet ved udbuddet er fortsat juridisk bindende til trods for, at videregivelse af 3D-modeller er et krav ved digitalt udbud - altså foreligger der ingen juridiske klausuler til de fremsendte modeller.
- Der er på nuværende tidspunkt debat om hvem der kan holdes ansvarlig for meromkostninger<sup>9</sup> ved forkerte mængder i tilbudslisterne ved digitalt udbud, jf. ABR89 er det dog Bygherre. Disse omkostninger vil dog muligvis kunne føres tilbage til rådgiver, men ingen eksempler er fundet herpå.

### 2.3.1 Specifikationer for Informations- og Kommunikationsteknologi (IKT)

Jævnfør *Bekendtgørelse om krav til anvendelse af Informations- og Kommunikationsteknologi i byggeri* af Erhvervs- og Byggestyrelsen, 13. december 2010, er byggeprojekter, som finansieres helt eller delvist af den offentlige sektor, underlagt bekendtgørelsens krav. Nærmere vil dette omfatte projekter, hvor lån eller tilskud udgør mindst 50% af de samlede byggeomkostninger, med den begrænsning, at byggeomkostningerne skal være større end 5 mio. kr. ekskl. moms.

Aftalegrundlaget for Informations- og Kommunikationsteknologi (IKT) er specificeret i bilag 1 i bekendtgørelsen. IKT-specifikationen vedrører samarbejdsformen for et projekt og er en tillægsaftaleform til de øvrige kontraktaftaler. IKT-specifikationen består af en række projektspecifikke aftaler og en basisaftale (IKT-ydelsesspecifikation) - herunder fremgår samtlige tilvalg (ud over basisydelser) af den projektspecifikke aftale.

De projektspecifikke aftaler behøver hermed kun, at være helt specifikke på de områder, hvor man i projektet afviger fra den sædvanlige referenceramme i basisaftalen

<sup>6</sup>PAR: *Praktiserende Arkitekters Råd*, F.R.I.: *Foreningen af Rådgivende Ingeniører*

<sup>7</sup>IKT: *Informations- og Kommunikationsteknologi*

<sup>8</sup>IDM: *Information Delivery Manuals*

<sup>9</sup>Meromkostninger skal forstås som de omkostninger der kommer ud over den medregne enhedspris i tilbuddet. F.eks. hvis der oprindeligt figurerede 1500m<sup>3</sup> in-situ beton af tilbudslisten, men dette i virkeligheden var 1800m<sup>3</sup>, er meromkostningerne differensen mellem den oprindeligt angivne tilbudspris og indkøbsprisen, som de resterende 300m<sup>3</sup> må købes for.

(Det Digitale Byggeri, c).

En overordnet beskrivelse af bekendtgørelsens krav skildres i det følgende (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 13. december 2010):

Nr. 1 IKT-DBK-SPECIFIKATION:

Anvendelse af dansk bygge klassifikation (DBK), eller et tilsvarende klassifikations-system for projekter, der er underlagt EU's udbudsregler.

Kravet har til formål at *digital projektinformation struktureres og klassificeres ensartet i hele byggeprojektet*.

Nr. 2 IKT-KOMMUNIKATIONSSPECIFIKATION:

Anvendelse af projektweb, med det formål *at al relevant projektinformation arkiveres og udveksles via dette it-system*.

Nr. 3 IKT-CAD-SPECIFIKATION:

Anvendelse af digitale bygningsmodeller i 3D. Mere specifikt stilles der krav til anvendelse af 3D-modeller *ved både idé- og projektkonkurrencer samt ved gennemførelsen af byggeriet*. Modellerne skal bruges som visualiserings- og dokumentationsværktøj, samt tekniske simuleringer og analyser. Objekterne i modellerne kodes med DBK og endeligt foreligger der krav om at modellerne skal afleveres i IFC-format. (IKT-CAD-specifikationen erstatter den tidligere CAD-manual).

Nr. 4 IKT-USBUDSSPECIFIKATION:

Anvendelse af digitalt udbud. Udbud til fag- og hovedentrepriser foretages via en udbudsportal. Udbudsmaterialet skal struktureres efter gængse standarder (DBK eller lign.) med beskrivelse i henhold til bips *B1.000 Beskrivelsesværktøj*. Tilbudslister indeholder udbudsmængder (der foreligger dog ikke krav i bekendtgørelsen, 13. december 2010, til digitalt udtrukne mængder). Opmålingsregler og grundlag for mængderne dokumenteres.

Nr. 5 IKT-AFLEVERINGSSPECIFIKATION:

Anvendelse af digital aflevering. Kravet omfatter *de projektinformationer, som vurderes relevant for dokumentation af byggesagen, det afleverede byggeri (som udført), og den fremadrettede drift, vedligehold og forvaltning, mm.*

Typisk udarbejdes en specifikation for hvert krav som angivet. Der udpeges hertil en ansvarlig koordinator (for de første tre krav), som skal sikre koordinering og kvalitet af de respektive krav.

### 2.3.2 Information Delivery Manual (IDM)

Udveksling imellem programmer med det neutrale IFC-dataformat forårsager ofte problemer grundet manglende understøtning af formatet imellem programmer. Det skyldes bl.a., at ikke alle programmer beskriver objekter i IFC-filen på samme måde, samt at nogle programmer ikke understøtter de samme IFC-objekter og tilhørende egenskaber. Når modeller udveksles, kan der dermed opstå problemer, f.eks. når en arkitektmodel ønskes anvendt til en energi-simulering (WikiByg).

*Information Delivery Manuals* (IDM) er et løsningsforslag til udvekslingsproblemerne som er initieret af *buildingSMART* organisationen. Forslaget har til formål at sikre

udveksling af relevante og fornødne IFC-data ved BIM-projektering, samt mere generelt at sikre modellernes detaljeringsgrad. Under de forskellige faser bruges IDM som et supplerende aftalegrundlag og planlægningsværktøj mellem de respektive parter på et projekt som et tillæg til IKT-specifikationerne. Det er hermed formålet, at sikre at modtager-software har den fornødne data, f.eks. til udførelse af kollisionskontrol (bulingSMART).

Interesseorganisationen for *Digital Konvergens* udgav 14. marts 2012 en vejledning, *IDM i praksis: Kollisionskontrol mellem BIM-modeller*, til koordinering og planlægning af udvekslingen af bygningselementer med henblik på tværfaglig kollisionskontrol, samt modelindhold i projektforslags- og hovedprojektsfasen. Vejledningen danner grundlag for koordinering imellem de enkelte bygningsdele på tværs af de rådgivende parter, for at sikre projektets kvalitet og bygbarhed. Vejledningens anvendelse vil typisk anbefales på projekter, hvor kollisionskontrol indgår som et tilvalg i den IKT-tekniske CAD-specifikation (krav nr. 3 i bekendtgørelsen for IKT). Hovedprincipperne i vejledningen er gengivet i tabel 2.2.

Ifølge Morten Alsdorf vil der inden for den nærmeste tidshorisont, i Dikon-regi, blive initieret et udviklingsprojekt af et tilsvarende processparadigme for digitalt udbud.

**Tabel 2.2:** Eksempel på IDM-struktur for tværfaglige kontrolområder ved kollisionskontrol (Kilde: Digital Konvergens (2012))

	Arkitekt	Konstruktioner	Installationer	Kollisionskontrol
Projektforslag	Bygningsdele modelleres i et generelt omfang. Herunder vægge, dæk, søjler, tag mv. Desuden skal forhold omkring installationsskakte modelleres. Evt. nedhængte lofter skal være indeholdt i modellen.	Statisk hovedprincip modelleres og hoveddimensioner forventes korrekte. Bjælker, søjler dæk mv. Der laves ikke element inddeling. Nødvendige huller modelleres for gennemføring af hovedføringsveje skal være indeholdt i modellen	Hovedføringsveje for kabelbakker, rør og kanalsystemer og skakte modelleres. Forgreninger kan udføres i et enkelt område med henblik på allokering af plads. I teknikrum laves overordnet pladsdisponering til aggregater, angives som volumenobjekter	Der skal være konsistens mellem placering, geometri og antal af facader, vægge, søjler, bjælker og dæk imellem arkitekt- og konstruktionsmodel. Der må ikke forekomme kollisioner mellem hovedføringsveje, øvrige føringsveje og/eller primære bærende elementer. Installationer skal være udført i overensstemmelse med disponeret plads over nedhængte lofter og i installationsskakte.
	Kan defineres som Informationsniveau: 2	Kan defineres som Informationsniveau: 2	Kan defineres som Informationsniveau: 2	
Hovedprojekt	Bygningsdele modelleres i et specifikt omfang. Herunder vægge (for- og bagmur), gulvbelægning dæk, søjler, tag mv. Nødvendigt indhold af inventar kan modelleres. Rum-, vindues- og dørskemaer er indarbejdet (mængder samt overflader er defineret).	Bygningens primære bygningsdele modelleres og opdeles i elementer, såsom vægge og dæk. Huller til døre, vinduer og installations gennemføringer som ikke laves på stedet vil være indeholdt i modellen.	Modellen vil indeholde alle slags føringer. Komponenter som ventiler, spjæld, pumper mv. inkluderes i fuldt omfang. Modellen vil samtidig indeholde komponenter som eltavler, krysfelter, gulvbokse mv. Zoneinddeling med angivelse af volumen for de tekniske installationer er indarbejdet.	Der skal være konsistens mellem placering, geometri og antal af samtlige facader, vægge, søjler, bjælker og dæk imellem arkitekt og konstruktionsprojekt. Størrelse og placering af samtlige vinduer og døre, samt øvrige åbninger skal være koordineret. Der må ikke forekomme kollisioner mellem installationer og konstruktioner i en størrelse hvor hulføring ikke udføres ved boring, hvis dette er planlagt. Ved installationsgennemføringer gennem bærende elementer skal udsparinger indarbejdes i konstruktionsmodel.
	Kan defineres som Informationsniveau: 4	Kan defineres som Informationsniveau: 4	Kan defineres som Informationsniveau: 4	

## 2.4 Forudsætninger for digitalt udbud

I de følgende delafsnit gengives de vigtigste begrebsdefinitioner af beskrivende mængdefortegnelse, mængdedefinitioner og opmålingsregler samt DBK-systemet i relation til digitalt udbud.

### 2.4.1 Beskrivende mængdefortegnelse (BMF)

Begrebet *Beskrivende mængdefortegnelse* (BMF) er mest kendt fra udlandet, f.eks. England og Tyskland, hvor der er tradition for at udbyde på denne måde og hvor man har en gruppe aktører, der opgør mængder, f.eks. *quantity surveyors*<sup>10</sup>. BMF-begrebet genfindes således ikke traditionelt som et anvendt redskab i forbindelse med dansk udbudspraksis.

BMF svarer (i dansk udbudspraksis) til en kombination af (bips):

- *en bygningsdelsbeskrivelse med angivelse af en række nødvendige specifikationer for en korrekt prissætning med en*
- *tilbudsliste med angivne udbudsmængder – fremover opgjort efter et sæt fastlagte opmålingsregler*
- *med 1:1 sammenhæng mellem posten/posterne i bygningsdelsbeskrivelserne og de tilsvarende poster på tilbudslisten.*

### 2.4.2 Mængdedefinitioner

De mængder, som en rådgiver kan udtrække af sit projekt i forhold til projektets detaljeringniveau og opbygning, kaldes *udbudsmængder*. Såfremt projektet er detaljeprojekteret, kan der opgøres detaljerede mængder på de bygningsdele, der er projekteret, hvorimod, hvis der er tale om tidligt udbud eller udbud på funktionskrav, der typisk vil være tale om angivelse af overordnede mængder.

*Kalkulationsmængder* er de mængder der udgør grundlaget for entreprenørers og leverandørers detailkalkulation. Detaljeringen af mængdeopgørelsen til kalkulation svarer normalt til produktionsdels-niveau svarende til kombinationen af bygningsdele med fag. Opdelingen og detaljeringniveauet af kalkulationsmængder vil således typisk være mere finere inddelt end udbudsmængder.

Såfremt bygherre ønsker at regulere tilbuddet i op- eller nedadgående retning under byggeriets udførelse indføres *reguleringsmængder*. *Reguleringsmængderne* beskriver mere- eller mindre ydelserne tilknyttet kalkulationsmængderne.

Krav til pris-/mængderegulering foregår ved (bips)

---

<sup>10</sup>En *quantity surveyor* er en funktionær på i den britiske byggeindustri der specifikt arbejder med prissætning af byggeprojekter uafhængigt af rådgivere og entreprenører, med henblik på at varetage bygherres interesser og herved bl.a. sikre at der afregnes jævnt for de udførte opgaver og hermed for tilsvarende mængder af byggematerialer. (Wikipedia, 2012)

- der enten præcist angives de specifikke mængder med tilhørende prissætning, der ønskes at kunne reguleres på svarende til kalkulationsmængder (produktionsdelsniveau).
- og/eller angives indenfor hvilken procent-sats, f.eks. 10-15% (eller en anden) hvor begge parter skal kunne acceptere et tab eller en gevinst.
- eller de tilbudsgivende skal fremlægges (tilstrækkeligt) kalkulations grundlag, for at kunne beregne den præcise og endelige reguleringspris (kan kræve yderligere regler).

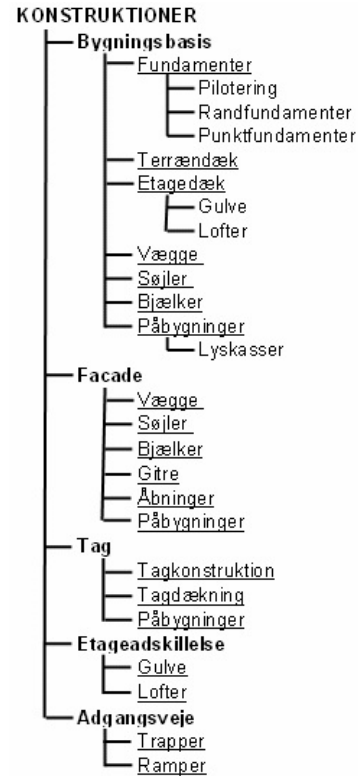
### 2.4.3 Dansk Bygge Klassifikation (DBK)

Entydig klassifikation af bygningsdele er en afgørende forudsætning i forbindelse med digitaliseringen af byggeriet, bl.a. i relation til entydigt kommunikation ved digitalt udbud. Klassifikationssystemet skal sikre at alle byggeriets parter i hele byggeriets livscyklus, fra projektering til drift og vedligehold, har den samme referenceramme og hermed medvirker til etableringen af grundlæggende informationsstruktur, sammenhængende systematik og et fælles begrebsapparat. Til dette formål udgav *Det Digitale Byggeri* i 2006 *Dansk Bygge Klassifikation* (DBK), som erstatning af det tidligere SfB-system.

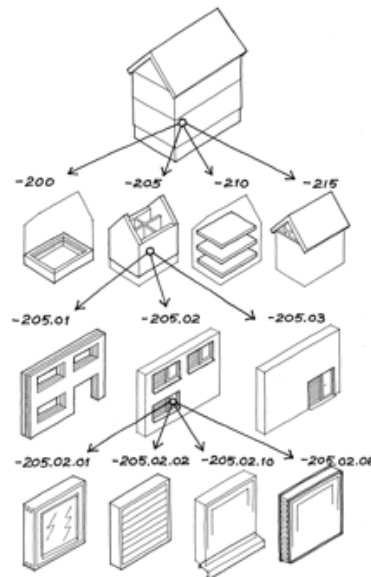
Den overordnede struktur for DBK-systemet fremgår af figur 2.5.

Eksempel på kodning af DBK-bygningsdel, jævnfør figur 2.6, ved *Det Digitale Byggeri* (b):

- 205 Vægssystem
- 205.02 Vinduesparti (som indgår i Vægssystem)
- 205.02.01 Vindue (der indgår i Vinduesparti, som indgår i Vægssystem)
- 205.02.08 Fuge (der indgår i Vinduesparti, som indgår i Vægssystem)



Figur 2.5: Eksempel på overordnet DBK-struktur. (Kilde: Bindslev (2012))



Figur 2.6: Eksempel på kodning af DBK-bygningsdele. (Kilde: *Det Digitale Byggeri* (b))

Ifølge Karved foreligger en række væsentlige problemer for at DBK-systemet kan implementeres i branchens it-løsninger. Disse følger heraf:

- Manglende entydighed i kodestrukturen, f.eks. får ventiler placeret i forskellige systemer forskellige slutnummerering. Dvs. -300.01.07 refererer en ventil i vanstik i vandsystem, mens -320.01.03 refererer en ventil i fjernvarmestik i varmesystem.
- DBK lægger op til en separat national standard, hvilket forårsager en række oversættelsesproblemer til øvrige standarder, f.eks. det amerikanske *Omni-Class*-system.
- DBK spænder mere snævert end IFD-projektet (*International Framework of Dictionaries*), som udarbejdes af *buildingSMART*. IFD-systemet vil bl.a. resultere i et entydigt referencesystem imellem standarder. Den mere snævrer tilgang med DBK, kan derfor medføre begrænsninger ift. IFD.
- Idet DBK udvikles som en national standard, vil systemet i begrænset omfang kunne forventes at blive implementere i programmerne fra de store software leverandører.

Karved anbefaler således bl.a. at DBK indarbejdes i IFD, samt at koden udformes klar og entydig.

#### 2.4.4 Dokumentation af opmålingsgrundlag

Jævnfør bekendtgørelsen til IKT, skal der ved det digitale udbud foreligge opmålingsregler, som dokumentation af udbudsmængderne i tilbudslisten.

Opmålingsreglerne har således til formål, at sikre samme beregningsgrundlag i kalkulationssammenhæng for alle parterne. I 2008 udgav *bips* en række publikationer for specificering af opmålingsreglerne som relaterer opmålingsgrundlaget til standard IFC-objekttyper og DBK-koder. Af figur 2.3 fremgår et eksempel på konceptet for opmålingsreglerne.

I praksis suppleres opmålingsreglerne fra *bips* typisk af et *Tilbuds- og Afregningsgrundlag* TAG, i hvilket grundlaget for opmåling af de enkelte bygningsdele fremgår mere specifikt (Morten Alsdorf, bilag B.1).

**Tabel 2.3:** Eksempel på opmålingsregler.  
(Kilde: bips (2008))

A.1.1. Bygningsdele, forekomster i produktaspektet (DBK Tabel 25)	1. Antal	2. Længde	3. Fladeareal	4. Volumen	5. Vægt	IFC Element (IFC Type)
-205.01 Vægkonstruktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IfcWall (IfcWallType)
-205.01.01 Søjle	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	IfcColumn (IfcColumnType)
-205.01.02 Bjælke	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	IfcBeam (IfcBeamType)
-205.01.03 Plade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IfcSlab
-205.01.04 Gitter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	IfcMember

### 2.4.5 Udviklingsarbejde ved cuneco-projektet

*Cuneco* – Videnscenter for øget produktivitet og digitalisering i byggeriet – er et udviklingsprojekt under ledelse af foreningen bips. Der er afsat kr. 67 mio. til projektet som forløber frem til 2014. Cuneco har til formål at afprøve og implementere fælles standarder og ”best practice”-anvisninger for bedre udveksling af data gennem alle byggeriets processer fra idéfase og projektering over udførelse til drift og vedligehold.

På baggrund af en behovsanalyse er fire indsatsområder udvalgt, som har haft fokus på at give værdi for den enkelte bruger, for virksomhederne og for branchen som helhed. De indsatsområderne omfatter udvikling af standarder og værktøjer i forhold til (Rambøll: Intranettet, d. 21. februar 2011):

#### KLASSIFIKATION:

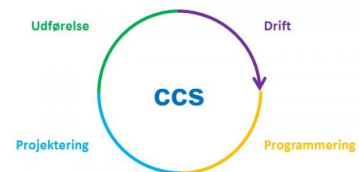
På grund af den ”megen” debat og kritik der har været af DBK-systemet, er *cuneco classification system* (CCS) under udvikling. Det nye system, som adskiller sig fundamentalt fra DBK, vil omfatte bygningsdele, som såvel de processer og ressourcer, der anvendes gennem byggeriets livscyklus.

»Det er en af cunecos centrale opgaver at komme problemerne og manglerne i DBK til livs og levere et nyt brugervenligt klassifikationssystem, der kan implementeres i branchens it-programmer,« fremgår det i en pressemeddelelse fra cuneco (17. februar 2012).

CCS udvikles i overensstemmelse med det internationale ISO 12006-2 system og forventes at kunne lanceres i anden halvdel af 2012. Yderligere er det planlagt at udgive ”mappingtabeller”, der kan guide til en sikker overgang til CCS.

EGENSKABSDATA: Der udvikles en struktur og et system for håndteringen af egenkabsdata, dvs. de attributter der tilknyttes digitale bygningsdele, herunder f.eks. tekniske specifikationer som ydelses-, geometri- og materialedata.

INFORMATIONSNIVEAUER: For at sikre, at information, der videregives til andre par-



**Figur 2.7:** Faser inkluderet i CCS-systemet.  
(Kilde: cuneco (2012))

ter i andre arbejdsprocesser, har et aftalt og veldefineret detaljeringsniveau, målrettes en model i byggeriets projekteringsfaser specifikke informationsniveauer. Der udvikles således et system for håndtering af informationerne i forbindelse med den succesive konkretisering af informationer gennem et byggeprojekts livscyklus. Dette betyder, at detaljeringsgraden af de informationer, der på et givet tidspunkt i et byggeobjekt er/bør være til rådighed, specificeres.

OPMÅLINGSREGLER: Eksisterende fælles opmålingsregler revurderes og færdigudvikles.



## Referencehenvisninger

- AIA, Rick Rundell. 1-2-3 revit: Bim and cost estimating, part 1, 2006.  
<http://www.cadalyst.com/cad/building-design/1-2-3-revit-bim-and-cost-estimating-part-1-33>
- K. Bindslev. En præsentation af den samlede begrebs- og procesmodel, 2012.  
[http://www.sbi.dk/download/byggeviden/KB\\_opl\\_110105.pdf](http://www.sbi.dk/download/byggeviden/KB_opl_110105.pdf).
- bips. Slide-præsentation: Opmålingsregler for udbud.
- bips. F111a: Måleregler for bygningsdele, bilag a, opmålingsregler 2008, anvisning. 2008. ISBN: 978-87-7293-182-1.
- buildingSMART, Thomas Liebich. Example 1, 2012.  
<http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/get-started/hello-world/example-1/?searchterm=ifcexchangeexample>.
- builingSMART. Information delivery manuals.  
<http://iug.buildingsmart.com/idms>.
- CADAZZ. Cad software history, 2012.  
<http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm>.
- cunneco, Maja Skovgaard. Pressemeddelelse: cunneco classification system (ccs) skal afløse dbk, 2012.  
<http://cuneco.dk/nyhed/cuneco-classification-system-ccs-skal-afl%C3%B8se-dbk>.
- R. D. Halpin. *Woodhead, Construction Management*. Wiley, 2005.
- Det Digitale Byggeri. 3d arbejdsmetode 2006. a. ISBN: 87-91340-55-1.
- Det Digitale Byggeri. Dbk 2006 – dansk bygge klassifikation, b.  
<http://www.detdigitalebyggeri.dk/tech-article/bmf-%E2%80%93-93-beskrivende-m%C3%A6ngdefortegnelse>.
- Det Digitale Byggeri. Ikt-aftalen - ikt-specifikationer, c.  
<http://www.detdigitalebyggeri.dk/tech-article/ikt-aftalen-%E2%80%93-93-ikt-specifikationer>.
- Digital Konvergens. Idm i praksis: Kollisionskontrol mellem bim-modeller, 2012.  
<http://www.digitalkonvergens.dk/da/news/kollisionskontrol-bim>.
- C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston. *BIM Handbook*. Wiley, 2. udgave edition, 2011.
- Erhvervs- og Byggestyrelsen, 13. december 2010. Bekendtgørelse om krav til anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi i byggeri.  
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=134884>.
- T. Hartmann, H. van Meerveld, N. Vossebeld, and A. Adriaanse. Aligning building information model tools and construction methods. 2012.

M. Ibrahim, R. Krwczyk, and G. Schipporeit. Two approaches to bim: A comparative study. 2004.

Innovaya. Innovaya visual estimating, 2010.

[http://www.innovaya.com/prod\\_ve.htm](http://www.innovaya.com/prod_ve.htm).

N. Karved. Problemstilling ved dbk integration i bim software.

[http://www.ebst.dk/file/152199/karved\\_notat.pdf](http://www.ebst.dk/file/152199/karved_notat.pdf).

Z. Ma, X. Zhang, S. Wu, Z. Wei, and Z. Lou. Framework design for bim-based construction cost estimating software. 2010.

McGraw Hill Construction. **Interoperability** in the construction industry. 2007.

<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia077485.pdf>.

Rambøll: Intranettet, d. 21. februar 2011. Cuneco - center for produktivitet i byggeriet.

WikiByg. Information delivery manual.

[http://wikibyg.dk/Information\\_Delivery\\_Manual](http://wikibyg.dk/Information_Delivery_Manual).

WikipediA. Quantity surveyor, 2012.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Quantity\\_surveyor#Noted\\_quantity\\_surveyors](http://en.wikipedia.org/wiki/Quantity_surveyor#Noted_quantity_surveyors).

## Kapitel 3

# Udbygning af Panum-komplekset

### 3.1 Generel udbredelse af BIM i Rambøll

Siden 1998 er anvendelsen af 3D- og BIM-værktøjer gradvist blevet mere udbredt indenfor de forskellige fag i Rambøll. Konstruktionsfaget startede ud med *Strucad* til 3D-modellering af stålkonstruktioner. I 2005 gik man på grund af et behov for bedre understøtning af modellering af betonkonstruktioner over til *Tekla*. Inden for installationsfagene (*VVS* og *VENT*, samt *EL*) er der siden 2007-2008 sket en trinvis implementering af brugen af *Magiacad*.

I Rambøll projekteres alle mellem-store og store projekter med BIM som et værktøj i designfaserne, hvilket er størrelsesordenen 70% af den samlede honoraromsætning i Rambøll Danmark.

Af nyere projekter, hvor man har anvendt BIM, kan bl.a. nævnes Industriens Hus, koncerthuset og konferencehuset Harpa i Reykjavik (se fig. 3.1), samt Rambøll Head Office i Ørestad (se fig. 3.2).



**Figur 3.1:** Koncerthuset Harpa i Reykjavik.  
Færdiggørelse: 2011. (Kilde:  
[www.ramboll.com/projects](http://www.ramboll.com/projects))



**Figur 3.2:** Rambøll Head Office i Ørestad.  
Færdiggørelse: 2010. (Kilde:  
[www.ramboll.com/projects](http://www.ramboll.com/projects))

Implementeringen og tankegangen med BIM har efterhånden været at finde i firmaet over en årrække. Netop derfor er man begyndt at udarbejde interne manualer for at opnå konsistente modeller. Generelt har man passeret de store udfordringer, hvorfor fokus i højere grad er vægtet på finjustering af de enkelte processer i projektfaserne.

Disciplinen består således i, gradvist at implementere en højere detaljering i modelerne, men samtidigt i, at man undgår for tidlig detailprojektering, hvilket kunne medføre dobbeltarbejde.

## 3.2 Case-beskrivelse

Udbyggelsen af Panum-komplekset har været under opsejling over en årrække, hvilket resulterede i at bygherre (som er række af interessenter, bl.a.: Byggestyrelsen og Københavns Universitet), startede den indledende konkurrence i 2010. Som resultat heraf blev forslaget fra Arkitektfirmaet C. F. Møller og Rambøll m.fl. udvalgt. Det nye kompleks er planlagt at stå færdigt i 2014. Hovedtidsplanen fremgår af figur 3.4).

Med den oprindelige bevilling på kr. 1.4 mia., med en offentlig finansieringsandel på størrelsesordenen 60%, er Panumudbyggelsen underlagt de statslige bygherrekrav, hvilket bl.a. omfatter IKT-specifikationerne. *A. P. Møller og Hustru Chastine Mc-Kinney Møllers Fond til Almene formål* har støttet nybyggeriet med en donation på kr. 600 mio.



**Figur 3.3:** Rendering af den nye udbygning af Panum-komplekset (Kilde: Arkitektfirmaet C. F. Møller (a))

Det vindende forslag<sup>1</sup>omfatter en delvist stjerneformet base (niveau: stue og 1. sal med ca.  $4000m^2$  i etageareal), samt et centralt placeret tårn der hæver sig fra basen (niveau: 2. til 15. sal med ca.  $1700m^2$  i etageareal), se figur 3.3. Af de samlede  $35000m^2$  er 85% målrettet laboratoriums- og forskningsfaciliteter, mens de resterende 15% er tiltænkt kantine, undervisningsfaciliteter og auditorier. Projektet er udtænkt med høj fokus på bæredygtigt og grønt byggeri, samt fleksibilitet og indeklimaforhold mm.

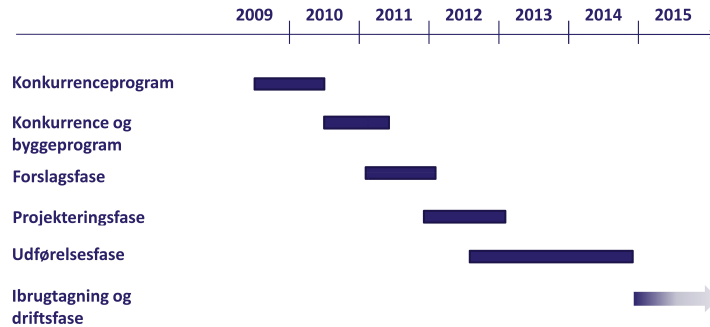
Implementeringen af BIM har taget fat undervejs i projektforslaget, hvor arkitekt, konstruktions- og installationsfagene har udarbejdet fagmodeller.

For at sikre tværfaglig koordinering, er der udført en intern screeningskontrol af tværfaglige kollisioner i udgangen af projektforslagsfasen for de interne fag i Rambøll, for at sikre, at der på et senere tidspunkt ikke opstår uforudsete omkostninger på grund af fejl i kritiske knudepunkter. C.F. Møller har stået for den generelle kollisionskontrol, jævnt før en projektspecifik tilpasset IDM.

---

<sup>1</sup>Der kan findes en præsentationsfilm fra C.F. Møller via hyperlinket i litteraturlisten til dette kapitel ved kilde: Arkitektfirmaet C. F. Møller (b).

På grund af kravet om digitalt udbud vedtog man inden for konstruktionsfaget i projektforslaget at bruge digitalt mængdeudtræk som grundlag for kalkulation forbundet med anlægsoverslag.



**Figur 3.4:** Hovedtidsplan for Panum-udbygningen  
(Kilde: Københavns Universitet)

### 3.3 BIM-baseret kalkulation

I dette afsnit beskrives processerne forbundet med digitalt mængdeudtræk og kalkulation, samt digitalt udbud.

Der er udarbejdet et diagram, der sammenfatter nærværende processer, hvilket findes som udfoldningsdiagram ved figur A.2 i bilag A. Her figurerer de, for nærværende projekt, primære ”proces-ruter” fuldtoptrukne.

Sammenfattende består konceptet for digitalt mængdeudtræk i, at en fag-/fællesmodel indføres i et specifikt program til generering af mængdelister. Her tilføjes den ønskede mængdelistestruktur, hvorefter der oprettes en kobling mellem de digitale bygningsdele og mængdelistestrukturen. Grundet manuel opsætning er grundig kvalitetssikring af koblingsarbejdet nødvendig. Herefter kan mængdelisterne relativt simpelt trækkes ud, og en kvalitetssikring af disse kan foretages. De digitale mængdelister kan dernæst danne grundlag for enten (1) kalkulation til anlægsoverslag eller (2) tilbudslistes til digitalt udbud.

I det følgende bliver erfaringerne forbundet med nærværende processer udførligt beskrevet. Beskrivelserne er baserede på egne erfaringer, samt interviews med Morten Alsdorf, Hans Kragh og Niels Tredal, hvilke findes i bilag B.

NB! Det anbefales at læseren sideløbende med at følgende afsnit læses, har foldet nærværende diagram ud for at få forbedret indblik i sammenhængen af processerne relateret til digitalt mængdeudtræk og kalkulation, samt digitalt udbud.

#### 3.3.1 Kalkulation på fagniveau

Grundlæggende for alle fagene er, at kalkulationerne bliver mere detaljerede som projektet skrider frem. Status for BIM-baserede fagkalkulationer har været påvirket

af, at fagenes modeller er på forskellige niveauer.

I kalkulationssammenhæng har det derfor primært været konstruktionsfaget og arkitekten, som har regnet med bygningsdele i projektforslagsfasen. På Panum-projektet har omkostninger forbundet med ARK og KON udgjort ca. 50% af det samlede anlægsoverslag.

### Konstruktionsfaget

I dispositionsfasen blev kalkulationsoverslaget baseret på manuelt optalte mængder, grundet at fagmodellen først tilstedekommer på et senere stadie.

På baggrund af den, i dispositionsfasen udarbejdede kalkulationsstruktur, var grundlaget for bygningsdelsbaseret kalkulation defineret. I projektforslaget kunne man her ved udnytte de BIM-baserede mængder, idet fagmodellen blev gradvist mere detaljeret. De mængder der fortsat ikke har været modelleret, er dog fortsat blevet optalt og medtaget manuelt. (Morten Alsdorf, bilag B.1)

### Installationsfagene

Installationsfagenes anvendelse af digitalt mængdeudtræk til kalkulation begrænses pga. projektrelaterede afhængigheder.

Behovet og kompleksiteten af installationsanlæggene er tæt forbundet med byherres ønske om fordeling og anvendelsen af de enkelte rum (trods en fleksibel løsningsmodel). Det er derfor primært skakte og hovedføringsveje, der er dimensioneret og modelleret under projektforslaget, hvor den bindende kalkulation afleveres.

Fagkalkulationerne for installationsfagene er derfor blevet baseret på digitalt udtrukne arealer fra arkitektens fagmodel. (Niels Treldal, bilag B.2)

### 3.3.2 Kollisionskontrol

På Panum-projektet er kollisionskontrol blevet brugt for generel tværfaglig koordinering og kontrol af omfanget af fejl i kritiske knudepunkter. I slutningen af projektforslagsfasen har omfanget af kontrollen været svarende til eksemplet på IDM'en for kollisionskontrol af Dikon, jævnfør figur 2.2,

*»Der skal være konsistens mellem placering, geometri og antal af facader, vægge, søjler, bjælker og dæk imellem arkitekt og konstruktionsmodel. Der må ikke forekomme kollisioner mellem hovedføringsveje, øvrige føringsveje og/eller primære bærende elementer. Installationer skal være udført i overensstemmelse med disponeret plads og i nedhængte lofter og i installationsskakte«.* (Digital Konvergens, 2012)

I projektforslaget blev det således sikret internt i Rambøll at der var konsistens mellem fagmodellerne fra de respektive interne fag, samt det nedhængte loft fra

arkitektmodellen, ved en overordnet screening for at kortlægge de særligt kritiske områder, i relation til uforudsete omkostninger. Arkitekten stod for den overordnede kontrol i henhold til den nærværende IKT-specifikation.

Formålet med screeningen var hermed at danne overblik over de kritiske knudepunkter, hvilke typisk forekommer udfletninger fra skakte og ved kryds mellem installationsfag.

For at fremme overskueligheden, blev kontrollen udført etagevis og parvis mellem to fag ad gangen i *Solibri Model Checker*. Den praktiske udførelse af kontrollen er foregået ved, at imputere en etage ad gangen af den (for kontrollens omfang) samlede fællesmodellen i IFC2x3<sup>2</sup>-format til Solibri. Herefter aktiveres to fagmodeller ad gangen (f.eks. konstruktions- mod ventilationsmodellen imellem) og kontrollen udføres på baggrund af et regelsæt til denne fase. Hver kollision visualiseres og beskrives med uddybende kommentarer; de involverede fag, kolliderende komponenter og placeringen relativt til modulnettet. For hver etage resulterer kontrollen i en rapport (se eksempel ved bilag C) og en SMC<sup>3</sup>-fil, i hvilken det efterfølgende er muligt, at efterforske kollisionerne nærmere.

Koordineringen af ubedringen af kollisioner er efterfølgende foregået ved, at de faglige CAD- koordinatore, samt en ingeniørrepræsentant fra hvert fag, gennemgår kollisionsrapporterne og aftaler hvilket fag, der har ansvaret for ubedringen af den enkelte kollision.

---

<sup>2</sup>IFC2x er en videreudvikling af IFC-formatet. IFC2x3 betyder 3. version af IFC2x

<sup>3</sup>SMC: Solibri Model Checker format

### 3.3.3 Kalkulationsopsætning og -koncept

Overordnet er fagkalkulationerne udført separat i *Sigma 2010 Enterprise* (Sigma), hvormed det samlede anlægsoverslag relativt simpelt er blevet stykket sammen.

Det blev besluttet, at strukturen af det samlede anlægsoverslag skulle inddeles efter fag og herunder efter "etage\områder\SfB-struktur"-inddeling. Denne struktur blev valgt, da det blev vurderet, at anvendelse af DBK til strukturering af kalkulationerne ikke ville bidrage med den fornødne gennemsuelighed (Morten Aldorf, bilag B.1). Den overordnede kalkulationsstruktur, med eksempel ned til bygningsdelsniveau for konstruktionsfaget fremgår af figur ??.

For at opnå en overskuelig prisdatabase, er de enkelte fagkalkulationer blevet baseret på separate prisbiblioteker i Sigma. Dette har medvirket til en entydig overførsel og redigerbarhed af priser for den enkelte kalkulationskomponent via en priscode som kobler kalkulationen til biblioteket.

Konstruktionsfagets prisbibliotek blev baseret på V&S Prisdata, samt erfaringsbaserede enhedspriser for de enkelte bygningsdele. Begge kilder for priser er vurderet kritisk med hensyn til kompleksitet, udførelsesbetingelser, rabat forbundet med arbejds lønning og materialer mm. for den enkelte enhedspris. Usikkerheder og generel korrigerings af enhedspriserne er omtalt i afsnit 2.2.2.

### 3.3.4 Arealbaserede fagkalkulation

I relation til arealbaseret fagkalkulation har hvert af disse fag (INST og EL, jf. projektorganisationen ved figur 1.1) fået udleveret en kalkulationsskabelon, bestående af et kalkulationsark i Sigma med indførte areal-variable og den grundlæggende strukturinddeling af kalkulationen. Disse variable blev herved brugt til arealbaserede fagkalkulationer, men, det har samtidigt kun været nødvendigt, at lave en enkelt, kvalitetssikret arealopgørelse. Da fagkalkulationerne blev sammenført, kunne der herved nemt foretages ændringer af arealerne (f.eks. i tilfælde af designændringer). Nærværende fag opbyggede tilsvarende prisbiblioteker af arealbaserede enhedspriser (baseret på nøgletalspriser og V&S Prisdata).

- |   |
|---|
| 1. <b>Arkitekt</b>                            |
| 2. <b>Konstruktion</b>                        |
| 2.1. Byggegrube                               |
| 2.2. Jordarbejde                              |
| 2.3. Fundamenter og bundplade 04              |
| 2.4. Kælder 03*                               |
| 2.5. Kælder 02*                               |
| 2.6. Ankomst 01*                              |
| 2.7. Niveau 1*                                |
| 2.7.1. Taarn                                  |
| 2.7.1.1. Daek                                 |
| 2.7.1.1.1. S-200 mm In-situ daek              |
| 2.7.1.1.2. ...                                |
| 2.7.1.2. Trapper                              |
| 2.7.1.2.1. Alm trappe i kerne (lev. og mont.) |
| 2.7.1.3. Baerende konstruktioner              |
| 2.7.1.3.1. CE-D500 mm inkl. mont.             |
| 2.7.1.3.2. ...                                |
| 2.7.1.4. Kerne ydervægge                      |
| 2.7.1.4.1. W-500 mm In-situ væg               |
| 2.7.1.5. Kerne indervægge                     |
| 2.7.1.5.1. W-200 mm In-situ væg               |
| 2.7.2. Auditorium                             |
| 2.7.3. Undervisning                           |
| 2.7.4. Mellembygning                          |
| 2.7.5. Kantine                                |
| 2.8. ...                                      |
| 2.21. Niveau 15*                              |
| 3. <b>VVS og Ventilation</b>                  |
| 4. <b>EL</b>                                  |
| 5. <b>Landarkitekt</b>                        |

**Figur 3.5:** Kalkulationsstruktur  
 \*: inkl. ovenliggende dæk  
 (Udarbejdet til nærværende projekt.)



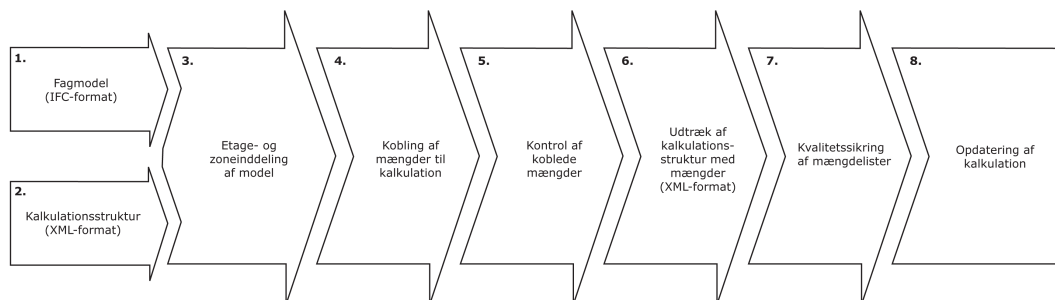
At fagkalkulationer er arealbaserede er ikke nødvendigvis ensbetydende med at de ikke er BIM-baserede (Niels Tredal, bilag B.2). Arealerne til anlægsoverslaget af Panum-udbyggelsen blev således baseret på arkitektens fagmodel. At modellen er udefrakommende, har stillet nogle skærpede krav til granskningen af selve modellen, samt opsætningsgrundlaget for arealudtræk i *Autodesk Revit*.

### 3.3.5 Praktisering af BIM-baseret mængdeudtræk (og kalk.)

Digitalt mængdeudtræk af bygningsdele er blevet udført ved en proces, hvor *Vico Office* indgår. *Vico* understøtter 4D- og 5D-projektering (tids- og økonomidimensionen). I projektforslagsfasen er det udelukkende de funktioner, der er relateret til digitalt mængdeudtræk og kobling til kalkulationsstrukturen, som er blevet anvendt. Følgende praktiseringsbeskrivelse er relateret til den bygningsdelsbaserede kalkulation.

Bemærk at processen for udtræk og strukturering også forventes at kunne bruges ved det digitale udbud af Panum-projektet. Dette vil dog foregå med et andet grundlag for mængdelistestrukturen.

Processen for mængdeudtræk er foregået som det følger af figur 3.6, samt de efterfølgende beskrivelser.



**Figur 3.6:** Procesdiagram for mængdeudtræk via *Vico Office* (Udarbejdet til nærværende projekt.)

#### 1. OVERFØRELSE AF FAGMODEL:

Generelt kan en fag-/fællesmodel importeres til *Vico* via IFC-formatet og hermed danne grundlag for mængdeudtræk. Alternativt (og anbefalelsesværdigt) kan modellen overføres via en "plugin-funktion"<sup>4</sup>, som åbner op for direkte overførelse til *Vico*. Konstruktionsmodeller, lavet i Tekla, kan således eksporteres direkte til *Vico*, hvormed også nye model-revisioner kan overskrive tidligere. For at styre modelrevisionerne, vælges modellen af interesse når et projekt åbnes.

For hvert objekt omfatter de overførte data fra fagmodellen; elementnavn, materiale og geometri.

<sup>4</sup>Plugin-funktionen er udviklet til en række programmer og kommer med installationen af *Vico Office*. De programmer der understøttes omfatter: Autodesk Revit, Tekla Structures, ArchiCAD, SketchUp, CADuct, MagiCAD og Bentley IFC jævnfør Rapid5D (2012)

2. IMPORT AF KALKULATIONSSTRUKTUR:

For at kunne tilbageføre mængdelisten til kalkulation i Sigma, eksporteres kalkulationsstrukturen fra Sigma til XML-format. Denne importeres til Vico og danner hermed ramme som mængdelistestruktur. Strukturen indeholder de enkelte kalkulationsposter, samt pris-ID'et til prisbiblioteket.

Navngivningen af de enkelte objekttyper bør defineres ens i både mængdelistestrukturen og fagmodellen. Dette er nødvendigt for at man har en chance for at se hvilke bygningsdele i modellen, der indgår på de respektive bygningsdele i mængdelisten.

3. OMRÅDEINDELING:

*LBS Manager*<sup>5</sup>-interfacet (se figur 3.7) muliggør inddeling af modellen, svarende til kalkulationsstrukturen, i etager og zoner. Eksempelvis er niveau 1 jævnfør figur ?? underinddelt i tårn, auditorium, undervisning, mellembygning og kantine.

4. KOBLING AF MÆNGDER TIL KALKULATION:

Koblingsprocessen udgør rygraden af hele processen for mængdeudtrækket. Det er derfor afgørende at koblingen udføres korrekt. Koblingsprocessen foretages ved brug af *Takeoff Manager*-interfacet (TOM) (se figur 3.8). Koblingen sker ved, at samtlige elementer gennemgås type- og områdevis med hensyn til hvilken parameter, der er prisgivende. Summen af den prisgivende parameter føres ind i kalkulationsstrukturen via *Formular Editor*'en.

Bemærk at såfremt kalkulationsstrukturen ændres i Sigma og hermed opdateres i Vico, brydes det udførte koblingsarbejde. Koblingsprocessen er samtidigt den mest tidskrævende (og ensformige) proces i mængdeudtrækket.

5. KONTROL AF KOBLINGER:

- (a) Isoleringværktøjet i TOM gør det muligt at isolere etager/zoner enkeltvist. Der kan således udføres visuel kontrol af hvilke objekter, der er tilknyttet det enkelte område.

Bemærk at valg af objekter i *Cost Planner*-interfacet (se figur 3.8) medfører at samtlige instanser i hele byggeriet vælges og fremhæves.

- (b) På grund af risiko for manglende kobling, kobling af forkert prisgivende parameter eller at koblingen af et objekttype i et område er tilknyttet flere områder, kontrolleres koblingerne ved, at en anden part gennemgår det udførte koblingsarbejde.

6. UDTRÆK AF MÆNGDELISTER:

(Kalkulations-)mængdelisten eksporteres indledningsvis til XML-format. Hermed indeholder den udtrukne liste; pris-ID, type og mængde. For at kunne opnå den ønskede underinddeling af strukturen i Sigma, er det før selve kalkulationen nødvendigt, at køre mængdelisten igennem med en macro<sup>6</sup>. Hermed fordeles hvert decimalnummer (der angiver positionen for hver prispost) i særskilte kolonner med henholdsvis 1,2,3,... tal-komponenter i decimalnummereringen.

---

<sup>5</sup>LBS: Location Breakdown Structure

<sup>6</sup>En macro i Excel-regi er et mini-program baseret på logiske operationer

7. KVALITETSSIKRING AF MÆNGDELISTER:

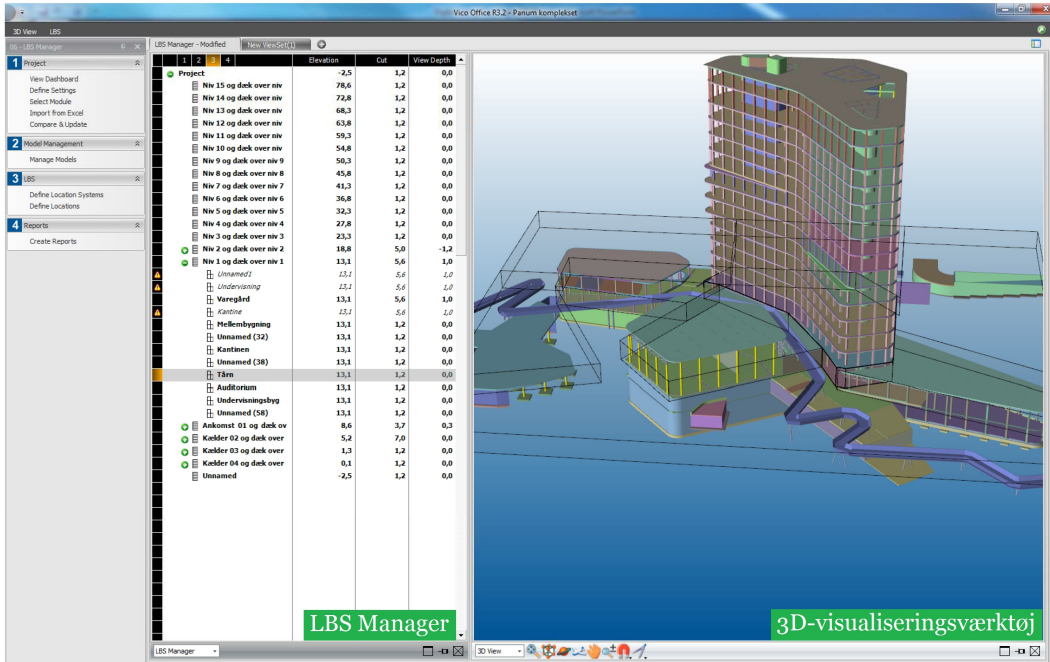
Mængdelisterne kvalitetssikres dels ved sammenligning imellem ens etager og dels ved manuel kontroloptælling af bygningsdele, som vurderes kritiske eller "utroværdige".

8. OPDATERING AF KALKULATION:

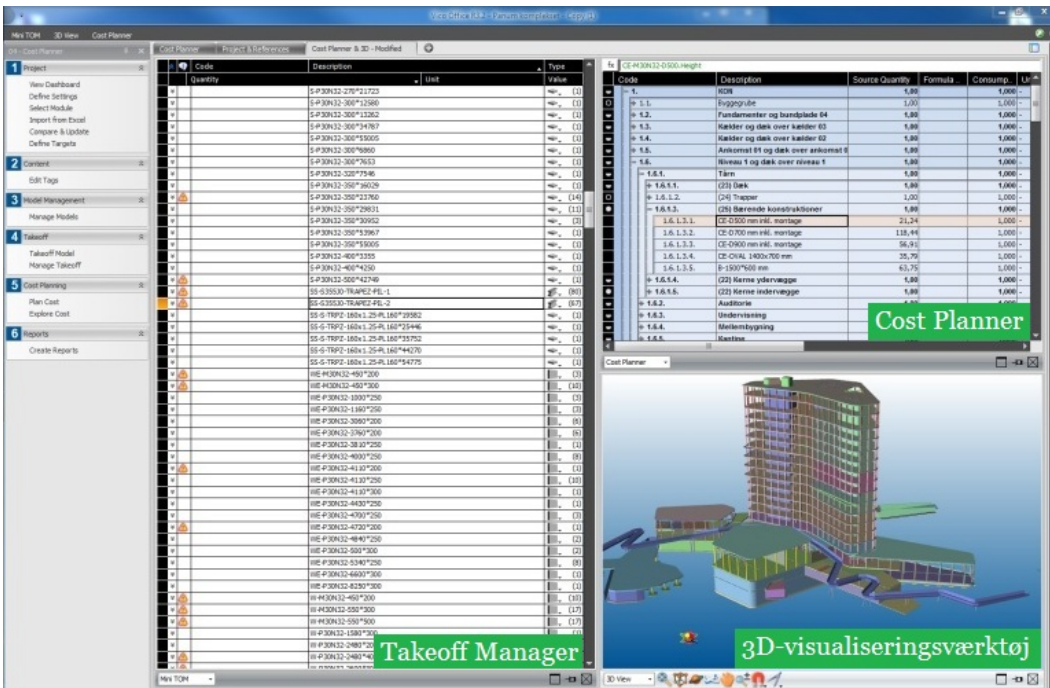
Forinden kalkulationen opdateres tilføjes manuelt optalte mængder af bygningsdele, som ikke er modelleret eller for hvilke mængder ikke kan tilknyttes modellerede bygningsdele.

Principielt laves der endeligt en ny kalkulation, hvilket er muligt da pris-ID'et til bygningsdels-prisbiblioteket fortsat haves fra den oprindelige indførelse af kalkulationsstrukturen.

## Kapitel 3: Udbygning af Panum-komplekset



Figur 3.7: Brugerinterface i Vico Office, LBS Manager



Figur 3.8: Brugerinterface i Vico Office, Cost Planner.

### 3.3.6 Følgevirksomheder og kvalitetssikring

En af de primære sidegevinster ved den BIM-baserede kalkulation er den højt detaljerede dokumentation. På Panum-projektet udgjorde det samlede anlægsoverslag i projektforslaget i størrelsesorden; 800 siders beregninger. Det er derved f.eks. muligt ud fra anlægsoverslaget specifikt at aflæse prisen for betonsøjler på 15. sal. Hermed opnår bygherren en væsentlig gennemsækelighed, hvilket kan være med til at øge troværdigheden. For at opnå en entydig troværdighed er det dog nødvendigt, at kunne dokumentere en større kontrolindsats. Hans Kragh tilføjede hertil, »Vi skal altså være særligt varsomme når vi går over i et nyt medie, som vi forventer pr. automatik giver os nogle resultater.«

På trods af at konstruktionerne ikke er detailprojekteret ved afleveringen af anlægsoverslaget i projektforslaget, opnås en højere sikkerhed i form af de mere præcise mængder, antydede Morten Alsdorf i interviewet (bilag B.1).

På Panum-projektet er der blevet anvendt to metoder for kontrol:

#### 1. DATAFEJL:

Fejl der forbindes med input- eller outputdata som resultat af omtalte udtræksprocesser:

- (a) Grundlaget for digitalt mængdeudtræk af arealer til arealbaseret kalkulation kvalitetssikres ved manuelle kontrolberegninger, samt granskning af udefrakommende model, samt regelopsætningen for arealudtrækket i Revit.
- (b) Grundlaget for digitalt mængdeudtræk af bygningsdele kontrolleres ved konsistenskontrol af nærværende fagmodel, samt kollisionskontrol med øvrige fag.
- (c) Koblingen mellem kalkulationsstrukturen og mængderne i Vico, kontrolleres af en anden part. Herudover føres kontrol af koblinger ved brug af visualiseringsværktøjet i Vico.
- (d) De udtrukne mængdelister kontrolleres etage-/områdevis i henhold til størrelsesorden af mængderne. Mængderne kontrolleres tillige imellem ens etager.
- (e) Enhedspriser fastsættes og kontrolleres i samarbejde med erfarne ingeniører.

#### 2. SYSTEMATISKE FEJL:

Størrelsesordenen af prislejet sikres ved brug af simplificerede nøgletalsberegninger (baseret på arealpriser). De nødvendige indgangsdata til en nøgletalsberegning baseres på det samlede antal kvadratmeter, nøgletalspriser fra en indekseret erfaringsprisdatabase og hensyntagen til byggeriets kompleksitet, formål og funktion. Hermed analyseres troværdigheden på baggrund af sammenligning med resultatet af nøgletalsoverslaget. Analysen foretages både i forhold til fagniveau samt til den summerede pris af fagkalkulationerne.

### 3.3.7 Generelle overvejelser omkring anlægsoverslag

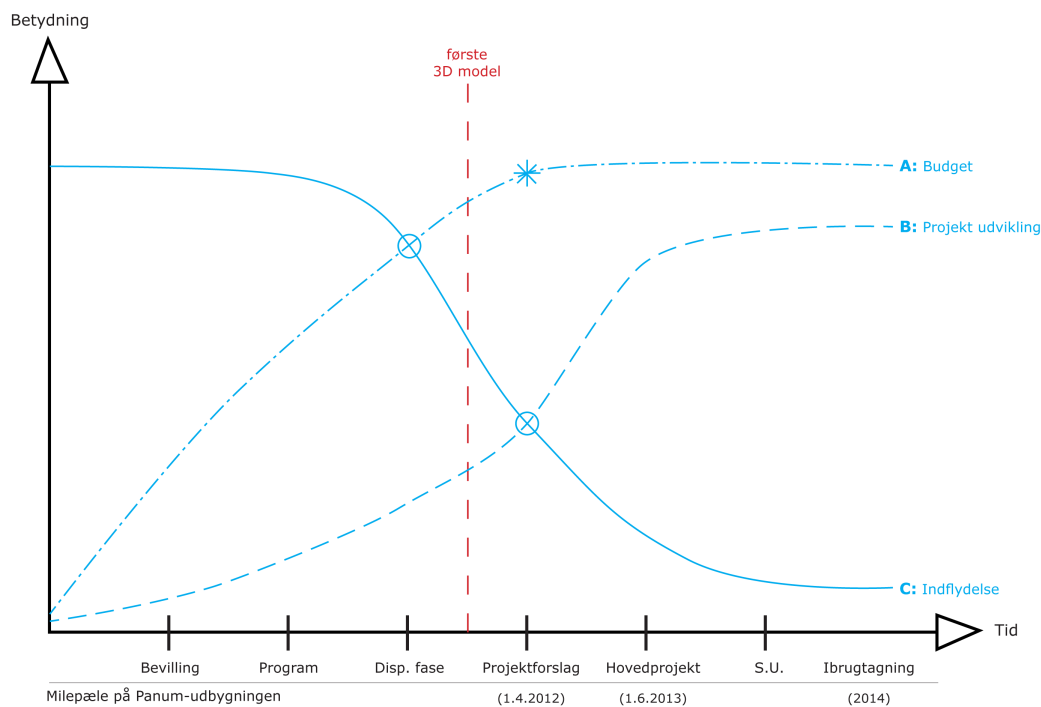
På baggrund af et interview (13. april 2012) med Hans Kragh fremlægges i dette afsnit de bagvedliggende overvejelser i forbindelse med sammensætning og vurdering

af det totale anlægsoverslag for et byggeprojekt i relation til bygherre, og måden hvorpå projekter foregår nutildags.

Hans Kragh er projektdirektør for Rambøll på Panum-udbygningen og er tilknyttet afdelingen for *Buildings, Large Projects* i Ørestad.

Bemærk at forprojektet er inkluderet i hovedprojektet i eksemplet som tager udgangspunkt i Panum-projektet. Herudover baseres nogle rådgivningsaftaler på fastlæggelse af byggeriets budgetramme allerede i dispositionsfasen, f.eks. Udbyggelsen af Niels Bohr. Følgende beskrivelse omfatter budgetfastlæggelse på baggrund af det, i projektforslagsfasen afleverede, anlægsoverslag.

Indledningsvis forklarede Hans Kragh at »tidslinjen for et givet projekt sat i perspektiv i forhold til økonomien for et projekt, dets udvikling og parternes indflydelse er bedst forklaret ved en principiel illustration« (se figur 3.9).



**Figur 3.9:** Principskitse for sammenhængen mellem betydningen af byggeriets fleksibilitet, økonomi og udvikling i forhold til byggeriets faser. (Udarbejdet til nærværende projekt. Kilde: frit efter Hans Kragh, Rambøll)

På principskitsen afspejler førsteaksen tiden gennem projektets faser og andenaksen angiver betydningen. Hver kurve afspejler hermed betydningen af et projekts overordnede faktorer som følger:

- A: Projektets økonomi.
- B: Projektets udvikling i forhold til de fastlagte beslutninger.
- C: Bygherres og projektets øvrige aktørers indflydelse på projektet.

1. BEVILLING:

»Paradoksalt ses det, at indflydelsen på projektøkonomien er størst når bevillingen udstedes, men samtidigt ses det, at beslutningsgrundlaget (kurve B) er på sit absolutte minimum«, forklarede Hans Kragh.

De indledende bevillinger for offentlige byggerier foretages på politisk niveau og baseres på overordnede skøn om antallet af ønskede kvadratmetre og nøgletalspriser.

2. PROGRAM OG BYGGEPROGRAM:

Under disse faser antydes det af illustrationen, at betydningen af projektets økonomi er drastisk stigende. Samtidigt er beslutningsgrundlaget, i form af projektets udvikling, fortsat beskedent.

3. DISPOSITIONSFORSLAG:

Igennem dispositionsfasen er betydningen af byggeriets økonomi af voksende indflydelse, samtidigt med at parternes indflydelse på det endelige byggeri er stykvis aftagende. De bygherrekrav, der er stillet i byggeprogrammet, er på dette tidspunkt tilgodeset.

Anlægsoverslag regnes på baggrund af arealbaserede nøgletalspriser, pga. intet eller utilstrækkeligt detaljeret modelgrundlag.

4. PROJEKTFORSLAG:

Det afgørende anlægsoverslag for den samlede budgetramme fastlægges i udgangen af projektforslagsfasen. Af kurve A er det illustreret hvorledes betydningen af projektets budget er voksende mod afleveringen af projektforslaget. Samtidigt er indflydelsen på projektet, som helhed, stødt aftagende. Efter projektforslaget, indgås på baggrund af det afleverede anlægsoverslag, aftale om projektets budget, hvorfor økonomikurven herefter er vandret.

Groft sagt laves det afgørende anlægsoverslag på et relativt løst grundlag i forhold til kendskabet af, hvordan det endelige byggeri udformer sig.

Bemærk at der i projektforslagsfasen foreligger modelgrundlag for mængdeudtræk.

5. HOVEDPROJEKT (INKL. FORPROJEKT):

Reelt set kan man først lave et korrekt anlægsoverslag på baggrund af objektpriser i udgangen af hovedprojektet når byggeriet er detailprojekteret og "alle" mængder kendes. Eftersom der generelt er behov for at fastlåse økonomien for et projekt, er behovet for flere og dermed mere detaljerede anlægsoverslag begrænset.

6. UDBUD:

Forinden udbuddet laver rådgiverne en kontrolkalkulation af de endelige anlægskostninger på baggrund af det bedre kendskab til slutresultatet. Under udbuddet kan der derfor være behov for justering af byggeriets budget, hvis der er sket mindre ændringer i projektet.

7. GENERELT:

Tages udviklingskurven i betragtning, kan man argumentere for, at det vil være mere optimalt at aflevere det bindende anlægsoverslag, på et senere tidspunkt. Dette skal dog ses i forhold til indflydelseskurven således, at de afgørende beslutninger, tages på et grundlag så der fortsat er mulighed for at foretage mindre ændringer.

F.eks. når konstruktionsfolkene, i projektforslaget, har gennemregnet den statiske model på baggrund af et simpelt bjælke-søjle system og hoveddimensionerne hermed

er fastlagt, kan man efterfølgende i hovedprojektet finjustere tværsnitsdimensioner og lign., men muligheden for at vælge et system med færre søjler og bjælker med lange spændvidder, er forbigået.

Dilemmaet opstår ved at kvaliteten og sikkerheden af det anlægsoverslag, der afleveres i projektforslaget, er afgørende, men samtidigt er beregningsgrundlaget væsentligt begrænset, idet der på dette tidspunkt er brugt størrelsesorden 40% af ingeniørtimerne. Det er altså et vanskeligt punkt, der danner grundlag for projektets videre økonomiske ramme.

### 3.4 Angrebsmetode af Digitalt Udbud

Ved det fremtidige digitale udbud af Panum-udbyggelsen er planen, at der laves generelle beskrivelser af samtlige bygningsdele i form af bygningsdelsbeskrivelser, dokumentation af opmålinggrundlag og tegnings- og modelgrundlag. Via DBK-koder kan den enkelte således bygningsdel refereres imellem de respektive dokumenter, se trekantsdiagrammet ved figur A.1. (Morten Alsdorf, B.1)

Heraf udbøres dokumentationen af opmålingsgrundlaget bips Opmålingsregler 2008, hvilken suppleres af beskrivelser for Tilbuds- og Afregningsgrundlag (TAG). TAG'et og bygningsdelsbeskrivelsen afklarer således grundlaget for, hvordan og i hvilket omfang, at et givet tilbudspost skal beregnes. Eksempelvis, huldæk er målt op per kvadratmeter uden fradrag af huller, hvortil der skal medtages tillægsomkostninger for fuge- og dæklagsudstøbning.

Dokumentationen til det digitale udbør, er således principielt en opsummering af de antagelser der ligger til grund for kalkulationen.



## Referencehenvisninger

Arkitektfirmaet C. F. Møller. Beskrivelse: Udbygning af panum-komplekset, a.

<http://www.cfmoller.com/p/udbygning-af-panum-komplekset-koebenhavns-universitet-i2732.html>.

Arkitektfirmaet C. F. Møller. Præsentationsfilm: Udbygning af panum-komplekset, b.

<http://video.ku.dk/video/4778590/udbygning-af-panum-komplekset>.

Digital Konvergens. Idm i praksis: Kollisionskontrol mellem bim-modeller, 2012.

<http://www.digitalkonvergens.dk/da/news/kollisionskontrol-bim>.

Københavns Universitet. Udbyggelsen af panum-komplekset.

<http://sund.ku.dk/byggeri/>.

Rapid5D. The core of the vico construction-oriented environment, 2012.

<http://www.rapid5d.com/vico-office-client>.

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

## Kapitel 4

# Diskussion og perspektivering

I dette kapitel redegøres og diskuteres de problematikker der er opstillet på baggrund af problemformuleringen, samt dem projektarbejdet har kastet af sig. Dette omfatter projektets primære hovedspor, digitalt mængdeudtræk og kalkulation, samt vedrørende det sekundære spor, digitalt udbud. Det er fundet nærliggende at perspektivere sideløbende med diskussionen for nærværende projekt.

### 4.1 BIM-baseret udtræk af mængder

#### 4.1.1 Forbedringspotentialer af mængdeudtræknings-proces

Hvad angår Vico Office i relation til funktionsbehovene, jævnfør tabel 2.1, er disse generelt opfyldt. På nuværende tidspunkt forekommer samtidigt visse muligheder for forbedring de afprøvede funktioner og processer til digitalt udtræk af mængder. Med udgangspunkt i erfaringer, beskrives udviklingspotentialer i det følgende med fokus på risici og tidsforbrug.

Generelt udgør koblingsprocessen både rygraden, men også achilleshælen, i den samlede proces for mængdeudtræk. Der foreligger således et stort potentiale i videreudvikling af processen med kobling mellem model og listestruktur, samt kvalitetssikring heraf.

Følgende forslag kunne medvirke til et lettere digitalt udtræk af mængder i Vico:

1. **INDSTILLING AF PRISGIVENDE PARAMETRE:**

Mulighed for generel definition af prisgivende geometrisk parametre for de respektive bygningsdelskomponenter, f.eks. søjler (l<sub>bm</sub>), dæk (m<sup>2</sup>) osv. Sådanne startindstillinger vil have et stort potentiale, jævnfør de fremtidige (og forhåbentligt veldefinerede) opmålingsregler fra cuneco, samt udtalelser fra René Olsen, hvilke antyder at enhedsgrundlaget for V&S Prisdata vil tilpasses gængse standarder.

2. **AUTOMATISERET KOBLING:**

Automatisk genkendelse og kobling af objekter der ligger inden for grænsefladerne af en områdedefinition, vil kunne reducere omfanget af koblingsarbejdet til de objekter der skæres af grænsefladerne. Under forudsætning af et konsistent model-grundlag, vil en automatisering kunne reducere risici forbundet med manuelt arbejde. Disse

risici omfatter bl.a. risikoen for dobbelttilknytning af objektinstanser til flere områder. En automatisering vil hermed også øge fleksibiliteten for designændringer. Såfremt en automatiseret løsning ikke vurderes implementerbar i Vico, kan en grundlæggende forbedring, i forhold til f.eks. risiko for dobbelttilknytning, være at man gøres opmærksom på, med en advarsel, at de bygningsdele man er ved at koble i forvejen er tilknyttet et andet punkt i listestrukturen. Herudover bør der indarbejdes et værktøj, der let tillader brugeren at isolere objekter (i det valgte område), som ikke allerede er koblet til listestrukturen.

### 3. VISUEL KONTROL:

Problem ved visuel kontrol forekommer ved at samtlige objektinstanser vælges igennem hele bygningen når en type vælges, til trods for at man har isoleret et separat område.

Generel mulighed for specifik isolering af objekter vil være en simpel forbedring, frem for at fravalgte objekter usynliggøres.

### 4. OPDATERING AF LISTESTRUKTUR:

På nuværende tidspunkt er det særligt kritisk at opdatere listestrukturen, da koblingerne hermed brydes. Problemet kunne omgås ved, tilsvarende værktøjet af modelrevision, at strukturen ikke overskrives, men snarere opdateres og ændringer i strukturen herved fremhæves automatisk.

### 5. BEGRÆNSET IMPORT AF DATA:

På nuværende tidspunkt kan der i model-sammenhæng via plugin-funktionen (og IFC-formatet) kun overføres, som beskrevet; objektnavn, geometri og materiale. En bredere understøttelse af importeret data fra kalkulations-/tilbudslistestrukturen, medvirke til mere dynamisk brug af disse.

Det bør generelt i relation til digitalt udbud bemærkes, at mængdeudtrækningsprocessen i Vico hermed ikke understøtter eksport af mængdelister med DBK/CCS-kodning til trods for, at disse figurerer både i listestrukturen og er tilknyttet objekterne i fagmodellen. DBK-koden må altså knyttes tilbudslisterne på anden vis. I relation til kalkulation har Rambøll håndteret problemstillingen ved, at bygningsdele respektive DBK-kode er tilknyttet priserne i prisbiblioteket, hvorfor de indføres via pris-ID'et, når ny der foretages en ny kalkulation.

### 6. INDSTILLING AF MÆNGDE-UDTRÆKS-REGLER:

Dette punkt gælder Vico, samt for Revit primært ift. arealudtræk.

En forbedret og mere fleksibel mulighed for definition af opmålingsgrundlaget i programmerne vil kunne tilvejebringe en øget gennemsigtighed og validitet. F.eks. i forhold til: *hvor går opmålingslinjen (i lbm-enhed) med hensyn til ventilationskanaler?; hvordan "merges" hjørner i vægge eller er væggene overlappende?; hvordan opmåles arealer jævnfør indvendigt, midt eller udvendigt væg-plan?*

Her vil det være optimalt at kunne indarbejde de mere specifikke dele af opmålingsreglerne fra cuneco-projektet, samt for arealer-udtræk i forhold til *BBR, Arealvejledning*.

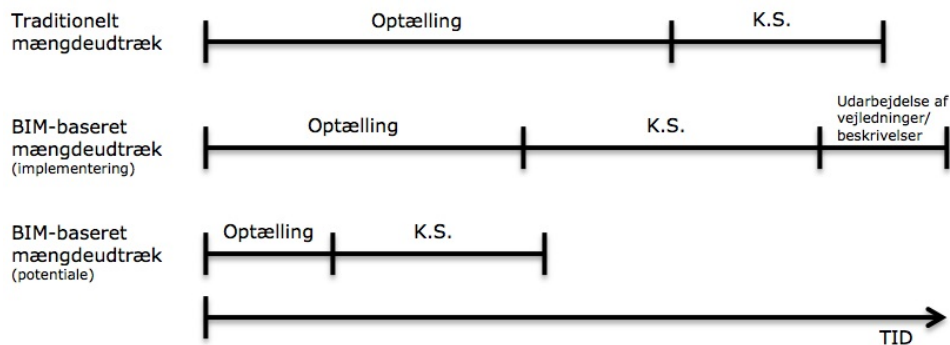
### 4.1.2 Potentiale for tidsbesparelse

Vurderes den traditionelle proces for mængdeoptælling i forhold til den indledende implementeringen af digitale værktøjer til udtræk af mængder, foreligger der - om nogen - blot en marginal mulighed for tidsbesparelse for den samlede proces, herunder kvalitetssikring. Dette skyldes blandt andet manglende tilvænning til de nye værktøjer, samt at der parallelt med implementeringen bør udarbejdes beskrivelser og vejledninger for processerne forbundet med opsætning, udtræk og kvalitetssikring. Hermed dannes et grundlag for at man i virksomheden i højere grad, fremover, kan nyttiggøre virkelige potentiale. Jævnfør principskitzen, ved figur 4.1, baseret på erfaringer fra det praktiske foløb, samt udtalelser fra Morten Alsdorf (bilag B.1).

Under implementeringen øges kvalitetssikringen for at opnå et pålideligt resultat af det ny-implementerede værktøj.

På Panum-udbyggelsen er der således erfaret en tidsbesparelse allerede imellem hver proces-gentagelse (opsætning, K.S. og mængdeudtræk blev udført 2-3 gange for optimering af processen).

Det bør bemærkes at Rambøll på nuværende tidspunkt ikke har udarbejdet vejledninger og beskrivelser af processerne.



**Figur 4.1:** Principskitse for potentiale for tidsbesparelse ved digitalt mængdeudtræk.

(Udarbejdet til nærværende projekt. Kilde: Efter ide af Jan Karlshøj)

## 4.2 Kalkulation af anlægsoverslag

### 4.2.1 Form for budgetfastlæggelse ift. *buildingSMART Design-potentiale*

Jævnfør afsnit 3.3.7 (*Generelle overvejelser omkring anlægsoverslag*) er den overordnede problemstilling, at bygherre ønsker at fastlægge budgettet på et tidligt stadie i designprocessen, hvormed prisen af rådgivningshonorar bliver begrænset såfremt projektet afbrydes. Kendskabet til slutproduktet af byggeriet er på dette tidspunkt begrænset. Kunsten er derfor, at forudsige og begrænse usikkerhederne forbundet med opstillingen af anlægsoverslaget og dermed tidligere afleverer en realistisk ramme for budgetteringen af byggeriet.

Implementering af *buildingSMART Design*-konceptet, se afsnit 2.1.3, med forskydningen af den primære arbejdsindsats til tidligere i designprocessen, vurderes, at kunne skabe et bedre grundlag for tidligere estimering af anlægsomkostningerne. Dette er dog under forudsætning af, at anlægsoverslaget, der danner ramme for budgetteringen, afleveres svarende til nuværende forhold i udgangen af projektforslagsfasen. Sammenlignet med den samlede forudgående arbejdsindsats medfører dette højere omkostninger for bygherre på dette stadie. Derfor forventes det afgørende anlægsoverslag, at blive afleveret tilsvarende tidligere, relativt i forhold til den på dette tidspunkt, anvendte arbejdsindsats og hermed omkostningerne til rådgivningshonorering.

Ved implementering af *buildingSMART Design*-konceptet foreligger dog muligheden for, at kunne tilbyde bygherre en bredere vifte af løsningsmuligheder og dertil hørende anlægsoverslag, grundet potentialet ved en mere fleksibel BIM-baseret kalkulationsproces.

### 4.2.2 Forudsætninger for digitalt udtræk af mængder

Det er afgørende ved digitalt udtræk af mængder, både i relation til kalkulation og digitalt udbud, at det er entydigt beskrevet (også internt i faget), hvilke mængder, der kan relateres til øvrige bygningsdele. Eksempelvis dæklag og fugeudstøbning, som ikke modelleres, men kan relateres til huldæk. Herudover bør det generelt beskrives hvilke bygningsdele og øvrige prisposter der er eller ikke er inkluderet i modelgrundlaget for mængdeudtrækket. Dette bør gøres for at opnå en entydig ramme for det digitale mængdeudtræk, og for hvilke priser og mængder der optælles, granskes og medregnes manuelt.

### 4.2.3 Generelle usikkerhedsfaktorer

Følgende beskrivelser vedrører de generelle usikkerheder forbundet med:

1. MÆNGDER:

Med udgangspunkt BIM-baseret mængdeudtræk ved brug af Vico, opnås mere præcise mængder i forhold til tidligere projekter med manuel optælling, jævnfør Morten Alsdorf. Grundet betydelige risici forbundet med den manuelle kobling, er et postulat

om øget præcision udelukkende validt i de tilfælde hvor kvalitetssikringen af koblinger udføres systematisk for selve koblingsopsætningen og af udtrukne mængdelister.

2. ENHEDSPRISER:

Generelt er usikkerheden forbundet med enhedspriser, ifølge Hans Kragh, ofte af større betydning end usikkerheden forbundet til mængder for det endelige slutresultat. Det er derfor særligt vigtigt, at enhedspriser fastsættes på baggrund af nøje overvejelser, idet enhedspriser grundlæggende fastsættes på baggrund af skøn og erfaringer.

Uanset nøjagtigheden af anvendte enhedspriser, forekommer der udgiftsposter, som kun i begrænset omfang er beskrevet i tilgængelige prisdatabaser. Eksempler på dette er vinterforanstaltninger, byggepladsindretning, idriftsætning og test-og-comitioning af installationsanlæg (f.eks. lysstyring) m.fl. Deraf figurerer, ifølge Hans Kragh, for eksempel byggepladsindretning i V&S Prisdata som et procenttillæg af de samlede anlægsomkostninger. Derfor kan usikkerheden forbundet med sådanne udgiftsposter på store byggeprojekter med fordel baseres på en behovsanalyse og tilbudsindhentning.

Der kan altså forekomme tillægspriser som ikke direkte kan defineres på baggrund af mængder af bygningsdele. På grund af den gradvist stigende kompleksitet af nutidens byggerier, vil der i stigende grad forekomme tillægsomkostninger, som ikke direkte er inkluderet i de anvendte enhedspriser. Disse tillæg kan f.eks. være relateret til etableringsomkostningerne og uforudsete meromkostninger. Det er derfor nødvendigt at definere standardiserede følgeomkostninger (f.eks. 2,00 kr. til idriftsætning pr. lysarmatur). Grundlæggende vil der forekomme usikkerheder forbundet med tillægsudgifter for ny (og uafprøvet) teknologi, som dermed ikke er inkluderet i gængse erfaringsbaserede prisdatabaser.

I en tænkt situation, hvor man har fuldstændigt styr på samtlige mængder, vil der derfor fortsat være afgørende usikkerheder forbundet med vurdering og fastsættelse af enhedspriser.

3. MARKEDSMEKANISMER - SKÆVVRIDNING AF BYGGEINDEKS:

Grundlæggende er priserne, som indgår i V&S Prisdata, fra det forgangne år relativt til når de anvendes. Det er derfor nødvendigt på projekter, hvor hele projektperioden fra design til aflevering strækker sig over en årrække, at tage hensyn til usikkerheder ved prisudvikling. På Panum-udbyggelsen er det reelt priser fra 2011, der er anvendt til anlægsoverslaget i projektforslagsfasen, hvorfor forudsigelsen af anlægsomkostningerne 3-4 år ude i fremtiden må forbindes med varsom analyse og vurdering.

Byggeindekset er en gennemsnitsbetragtning, hvorfor der foreligger en risiko i forhold hertil. Dette inkluderer blandt andet skævvridning af byggeindekset som følger:

(a) *Arbejdsløn:*

Markedskonjunkturen kan eksempelvis medføre, at den billigste indkomne pris ligger f.eks.  $\pm 20\%$  i forhold til anlægsoverslaget. Det, at den lavest bydende entreprenør har hul i ordrebogen, kan være årsag til, at han ligger væsentligt lavere end de øvrige indkomne tilbud. Omvendt, hvis markedssituationen er, at alle de bydende entreprenører har deres ordrebøger fyldte, kan dette medføre,

at den laveste pris ligger væsentligt højere end estimeret. Entreprenørerne laver altså tillige en risikovurdering ved tilbudsgivning ud fra en vurdering af, hvilken retning entreprenørernes egne virksomheder bevæger sig i.

(b) *Materialepriser:*

Det er nødvendigt at vurdere risici forbundet med kritiske materialeomkostninger. Eksempelvis kan prisen på elkabler, som er afhængig af kobberprisen, være kraftigt varierende.

På Panum-projektet som skal udføres i 2014, er der altså også betydelige usikkerheder forbundet med vurderingen af markedssituationen.

4. GRÆNSEFLADER:

Omfanget af den enkelte fagkalkulation skal koordineres tværfagligt, således at der ikke opstår uafklarede grænseflader. Det skal derfor koordineres hvilke fag der medtager de respektive bygningskomponenter, som kan overlappe tværfagligt imellem rådgivere. Hans Kragh henviser til, at f.eks. en frekvensomformer<sup>1</sup> kan skabe uklarhed omkring grænsefladen imellem EL- og ventilationsfaget, hvorfor der indgås aftale herom. Uafklarede grænseflader medfører risiko for fejl i fagkalkulationer - dobbelt eller ingen. Generelt forekommer der behov for at definere og afklare grænseflader imellem rådgivere og bygherre.

5. AKKUMULERENDE USIKKERHEDER:

Under hensyntagen til akkumulerende usikkerheder, kan der udføres successiv kalkulation, hvilket bygger på en erkendelse af at forskellige usikkerheder i værste fald kan forøge hinanden.

#### 4.2.4 Reel pris af anlægsoverslag

Ved nærværende typer af byggeprojekter, hvor budgetrammen fastlåses og kun reguleres mht. byggeindeks, er det nødvendigt, grundigt at overveje risici ved skævvridninger af prisudviklingen i materialer og arbejds løn, samt øvrige faktorer der influerer anlægsomkostninger. Anlægsbudgettet vurderes derfor som helhed med hensyntagen til samtlige usikkerheder.

Med pålægget af det økonomiske ansvar til rådgiverne, er det hermed dem der løber risikoen, men ikke nødvendigvis opnår fordelene. En for høj samlet slutpris, kan medføre klausul om omprojektering, mens den modsatte situation er til bygherres fordel, hvis de resulterende anlægsomkostningerne bliver lavere end estimeret. Det er generelt i rådgivernes interesse at de resulterende slutomkostninger rammer tættest muligt på det kalkulerede overslag, da rådgiverhonoreringen typisk udgør en procent-sats af de samlede resulterende anlægsomkostninger.

Grundlæggende kunne det estimerede anlægsoverslag angives som et konfidensinterval af en maksimum-/minimumspris pga. de omtalte usikkerheder. Denne aftaleform er dog atypisk - på nuværende tidspunkt danner det højeste estimat grundlag for budgetrammen.

---

<sup>1</sup>En frekvensomformer styrer hastigheden på motorerne i ventilationsanlægget.



## 4.3 Digitalt Udbud

Der forekommer generelt en række problemstillinger i forbindelse med digitalt udbud, grundet forskellige interesser for byggeindustriens parter; bygherre, rådgivere og entreprenører.

Overordnet for de rådgivende parter er uklarhed omkring ansvarsfordelingen for mængder i tilbudslister afgørende, mens problemstillingen for entreprenører i højere grad er grundlaget for tilbudsgivningen.

### 4.3.1 Rådgivers bekymringer

Med debatten omkring ansvaret for mængder i tilbudslisterne følger bekymringer fra byggeindustriens rådgivere grundet det umiddelbart større ansvar.

I tidligere projekter (uden digitalt udbud), har mængderne på tilbudslisterne figureret på et overordnet niveau. Med sammenblandingen af uklarhed omkring krav og behov for findetaljering i BIM-projekteringssammenhæng, samt uklarheden om ansvarsfordelingen, hersker der altså tvivl i industrien om håndteringen af det digitale udbud. Dette medfører potentielle fælder for de rådgivende parter, bl.a. med hensyn til meromkostninger ved fejl i tilbudsmængder.

Umiddelbart ses to måder at øge afklaringen om ansvarsfordeling:

#### 1. IDM: DIGITALT UDBUD

Rådgiverne kan med udgangspunkt i et IDM-procesparadigme, opnå en bedre basis for håndteringen af vilkårene for digitalt udbud, jævnfør bekendtgørelsen for IKT. Bemærk at et udkast til et sådan paradigme er under udarbejdelse af Digital Konvergens.

#### 2. QUANTITY SURVEYORS (QS)

Introduktion af QS med direkte tilknytning til bygherre, som dermed er uafhængige af rådgivere og entreprenører. Ansvar vil hermed specifikt kunne lægges hos QS, hvis disse introduceres på det danske byggemarked, svarende til de angelsaksiske lande.

### 4.3.2 Tilbudsgrundlag og -proces

Generelt kan digitaliseringen af udbudsprocessen betragtes som et skridt på vejen i rationaliseringen af byggeprocessen. Digitalt udbud er med til at skabe et potentiale for bedre grundlag ved tilbudsgivning for entreprenører. Dette vurderes også at være efterspurgt i forhold til, at de rådgivende ingeniører arbejder på de store projekter, som Panum-udbyggelsen, i en væsentligt længere periode (år), end den periode entreprenørerne typisk har til at afgive deres tilbud i (uger-måneder).

Samtidigt kan konceptet omkring digitalt udbud medvirke større gennemsigtighed af indkomne tilbud, hvorfor der samtidigt foreligger et potentiale for øget konkurrenceevne.

Endeligt giver det entreprenørerne et bedre grundlag for planlægning og styring i relation til 4D- og 5D-værktøjer.

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

## Kapitel 5

# Konklusion

### **BIM-baseret kalkulation i designprocessen**

På nuværende tidspunkt bliver BIM-værktøjer og -processer implementeret i de traditionelle projekteringsfaser. Generelt vurderes det for kalkulation, at man ikke kan forvente et bedre beregningsgrundlag, i relation til graden af projektering og vedtagelser for byggeriet. Dette er også vurderet gældende, uanset om en tidligere og mere fleksibel projekteringsindsats ved *buildingSMART Design*-konceptet i højere grad implementeres. Årsagen til dette er bygherres forventning om at få et bindende anlægsoverslag på baggrund af begrænset rådgivningshonorering allerede efter den nuværende projektforslagsfase.

For at få det fulde udbytte af BIM-værktøjer og -metoder vurderes, at der generelt er behov for at forny angrebsmåden i projekteringsprocessen. Der foreligger herunder en mulighed for fuld implementering af *buildingSMART Design*-konceptet for, at kunne tilbyde bygherre en bredere vifte af løsningsmuligheder og dertil hørende anlægsoverslag, grundet potentialet ved en mere fleksibel BIM-baseret designproces, herunder for kalkulation. Potentialet er at bygherre opnår et bedre beslutningsgrundlag til accept/afslag af projektet, fordi rammen for fastlæggelsen af budgettet vil være forbundet med færre usikkerheder.

På baggrund heraf kan det konkluderes, at det er essentielt med øget fokus på økonomien tidligt i byggeprojektet.

### **Risici forbundet med BIM-baseret kalkulation af anlægsoverslag**

Da kalkulation af anlægsoverslag fortsat forventes, efter bygherres ønske, at blive udført på et tidspunkt, hvor der haves begrænset kendskab til slutproduktet af byggeriet, vil der til de traditionelle forhold ved prissætning forekomme en række usikkerheder der influerer på den endelige prissætning af anlægsoverslaget. Igennem afgangprojektet er der fundet frem til fem centrale usikkerhedsfaktorer vedrørende: mængder, enheder, markedsmekanismer, grænseflader og akkumulerende usikkerheder. Heraf vurderes usikkerhed forbundet med BIM-baseret mængdeudtræk at kunne reduceres ved implementering af de omtalte udviklingspotentialer i næste afsnit.

### **Hvorfor digitalt udtræk af mængder?**

Erfaringer og undersøgelser fra det praktiske case-forløb, vedrørende digitalt udtræk af mængder, tyder på en potentielt mere fleksibel proces. Dette begrundes med, at mængdeudtræknings-værktøjer, som Vico Office, kan medføre en mere tidsbesparende process for mængdeoptælling.

Det vurderes at mængdeudtræknings-processen ved Vico Office har følgende udviklingspotentialer:

1. Mulighed for generel indstilling af objekttypers prisgivende geometriske parametre, f.eks. sølje (l<sub>bm</sub>), dæk (m<sup>2</sup>) osv.
2. Mulighed for automatisk kobling til listestrukturen af bygningsdele der ligger inden for områdedefinitionernes grænseflader.
3. Optimering af isoleringsværktøj til visuel kontrol.
4. Mulighed for opdatering af listestruktur.
5. Bedre understøtning af dataimport både i forhold til model og listestruktur
6. Mulighed for indstilling af mængdeudtræknings-regler.

Såfremt de opsummerede udviklingsaspekter indarbejdes i de BIM-baserede mængdeudtræknings-værktøjer, vil der potentielt kunne opnås mærkbare resultater med hensyn til tidsforbrug og fleksibilitet sammenlignet med traditionel mængdeoptælling. Det gælder både hvad angår kalkulation og grundlaget for tilbudslister til digitalt udbud. Samtidigt forventes en højere præcision af mængdebestemmelserne og et mindre behov for kvalitetssikring som følge af bedre kontrol.

### **Anbefalinger**

På baggrund af afgangsprojektet anbefales virksomheder, som planlægger at implementere BIM-baserede mængdeudtræknings-værktøjer til kalkulation og/eller digitalt udbud, på de første projekter, at afsætte tid og ressourcer til udtænkning og beskrivelse af fremgangsprocedurer og kvalitetssikring af opsætning og resultater. I relation til Vico Office bemærkes det, at veldefineret håndtering af kvalitetssikring er afgørende.

Ved implementeringen anbefales det, at projektledelsen har indsigt i formålet og potentialet med implementeringen af mængdeudtræknings-værktøjerne. Herudover bør der sætte fokus på, at der afsættes ressourcer i tidsplanen til afprøvning og udvikling af proces- og kvalitetssikrings-beskrivelser, for at undgå fejl senere.

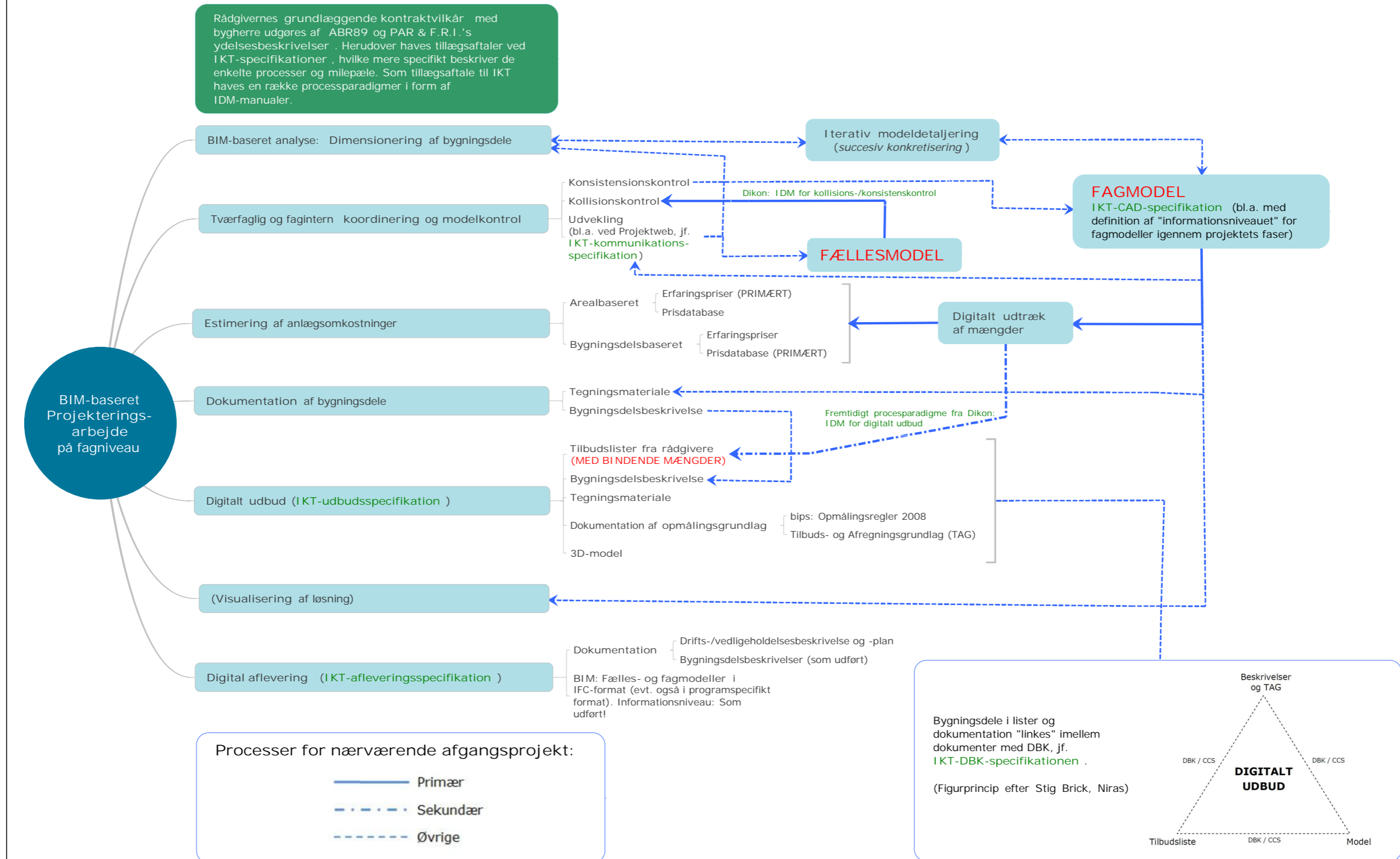
For den generelle anvendelse af nærværende processer og værktøjer, opfordres der endvidere til, at der udarbejdes et generelt IDM-procesparadigme for beskrivelse af håndteringen af BIM-baseret mængdeudtræk igennem byggeriets designfaser, til brug for kalkulation og digitalt udbud. Det bemærkes dog, at de afklarende standarder og regler vedrørende opmålingsregler, informationsniveauer, egenskabsdata og CCS-klassifikation, som er under udarbejdelse i forbindelse med cuneco-projektet, vil fungere som katalysatorer for anvendelsen af nærværende processer. Derfor bør et fremtidigt IDM-paradigme for mængdeudtræk imødesee de fremtidige standarder.

Bilag A

Udfoldningsdiagrammer

Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

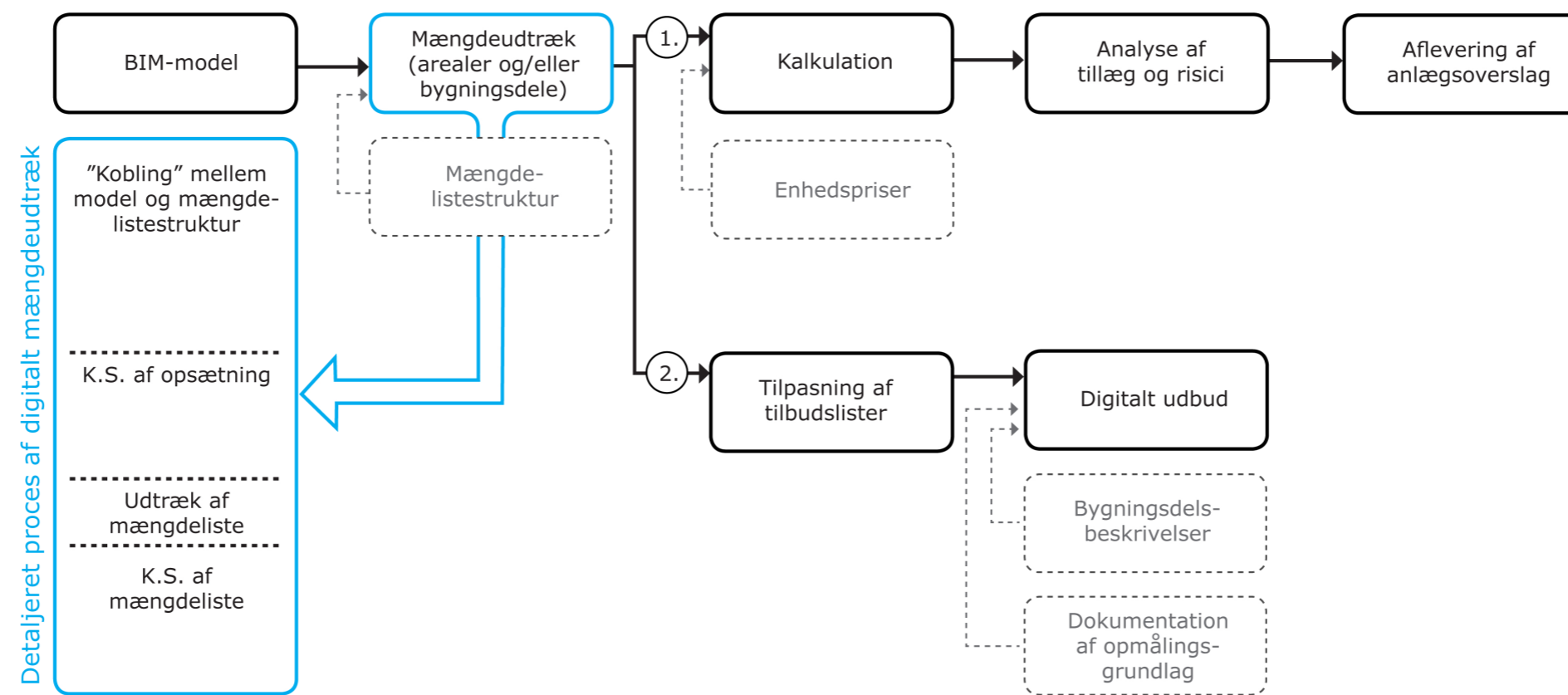
**Figur A.1:** Procesdiagram for BIM-baseret projektering (Diagrammet er lavet til nærværende projekt i *MindJet MindManager Pro*)



Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.



Figur A.2: Procesdiagram kalkulation og digitalt udbud (Diagrammet er lavet til nærværende projekt)



Denne side indeholder med overlæg kun denne sætning.

Bilag B

Interviews

## B.1 Morten Alsdorf (KON)

Formålet med dette interview har været at få indblik i procedurerne for BIM-baseret kalkulation af anlægsoverslag for konstruktionsfaget hos Rambøll, samt indblik i tværfaglig koordinering. Interviewet er med Morten Alsdorf, 18. juni 2012, som er projektleder i afdelingen for *Buildings, Structural Engineering, Cph*. Morten Alsdorf har specialiseret sig i projektledelse og BIM, samt dimensionering af konstruktioner.

1. Grundlag for anlægsoverslag:  
»I praksis har vi gjort sådan at hvert fag laver hver deres kalkulation for til sidst at alle kalkulationerne samles til det endelige anlægsoverslag.  
Det skal altså forstås i retning af princippet om fagmodel-fællesmodel, hvilket i øvrigt også svarer til den måde vi gennemføre kollisionskontrol.«
2. Grundlag for kalkulationsstruktur:  
»Vi vurderede tidligt i Panum-uprojektet, at det ville give en bedre struktur at lave den primære inddeling efter konceptet etager\områder\SfB-struktur. Det er begrundet med at DBK-strukturen bevirker at f.eks. alle vægge samles i en hovedgruppe og herunder alle etagerne, under hvilke de enkelte vægtyper vil findes. Den valgte inddeling letter også kontrolarbejdet i relation til etagesammenligning (imellem ens etager).«
3. Grundlag for enhedspriser:  
»Enhedspriserne bestemmes dels på baggrund af V&S Prisdata og dels ud fra et erfaringsgrundlag. På Panum-udbygningen har vi bl.a. haft nogle store og relativt komplekse betonkonstruktioner, hvilke ikke direkte har figureret i V&S Prisdata. Herudover mangler der, i relation til V&S Prisdata, at tages hensyn til mængderabat på materialer. På nuværende tidspunkt forekommer der rabat kun i relation til arbejds løn ved "gentagelsesarbejde".  
Derfor har det generelt været nødvendigt at justere enhedspriser på baggrund af erfaringsdata, samt indspil fra de erfarende ingeniører (bl.a. Morten Quvang), vi råder over.  
I konstruktionsfaget har vi således lavet et prisbibliotek i Sigma, hvormed der med et "pris-ID" kan overføres enhedspris, samt DBK-kode, til de enkelte bygningsdele i kalkulationen.«
4. Step-by-step kalkulationsdetaljerings på Panum  
»Vi startede med udarbejdelse af kalkulationen af dispositionsforslag, hvor vi lavede anlægsoverslaget bygningsdelsbaseret i Sigma på baggrund af manuel optælling af mængder. Den manuelle optælling skyldtes at vi på daværende tidspunkt ikke havde en model. Vi forventer også fremover at lave de indledende anlægsoverslag ud fra en lignende proces, da modellerne generelt først bliver til i løbet af projektforslagsfasen. I projektforslaget kunne vi udnytte og viderebygge prisbiblioteket og kalkulationsstrukturen fra den tidligere fase. Strukturen (med pris-ID'er) kunne herefter anvendes som ramme for de mængder vi trak ud fra Vico Office, hvilket bl.a. muliggør områdeinddelt mængdeudtræk.«
5. Hvilke aftalegrundlag foreligger der mht. digitale mængdeudtræk?  
»Grundlæggende er der nogle bygherrekrav, jævnfør IKT-specifikationen. Mere spe-

cifikt er det kravet om digitalt udbud med mængder, som skal imødekommes på Panum-udvidelsen og tilsvarende projekter.

Mht. anlægsoverslaget lavet i forprojektet har vi brugt digitalt mængdeudtræk frivilligt, mens at vi i udbudsfasen med digitalt udbud, jævnfør bygherrekravet, udtrækker de nødvendige mængder fra vores modeller.«

6. Hvad er de grundlæggende principper i processen for det digitale mængdeudtræk?
  - »Indledningsvis kan jeg bemærke at processerne er udviklet parallelt med Panum-projektet.
  - Grundlæggende oprettes et samspil mellem Tekla, Vico og Sigma som skaber sammenhæng mellem 3D-model, kalkulation og de mængder der senere vil blive anvendt til det digitale udbud.
  - Mængdeudtrækket foregår ved at en fagmodel, f.eks. konstruktionsfagets Tekla-model, importeres til Vico, hvori man kan lave udtræk af mængder og en kobling til den overordnede struktur for kalkulationen.
  - For at lave koblingen mellem mængderne og kalkulationen, overføres kalkulationsstrukturen fra Sigma til Vico, hvorefter mængderne (de prisafgørende dimensioner) kobles til de respektive poster. Til sidst tilbageføres strukturen med mængder til kalkulationen.«
7. Hvordan kontrollerer I at mængderne bliver rigtigt koblet, samt størrelsesordenen af mængderne?
  - »Når det gælder sikring af koblingen af objekter til deres respektive etager/områder, kan vi isolere den enkelte etage og visuelt kontrollere hvorvidt komponenterne er tilknyttet det pågældende område.
  - Angående koblingen har vi indtil nu foretaget dobbelt-kontrol af om samtlige objekttyper i hvert område er koblet med den korrekte prisgivende parameter.«
8. Hvilke data kan I på nuværende tidspunkt overføre via IFC til Vico?
  - »I øjeblikket kan vi, uanset fagmodel, kun overføre navn, materiale og geometri for hvert objekt. I fremtiden kunne vi godt tænke os at det var muligt at overføre flere data, eksempelvis DBK-kode mm.«
9. Hvilke øvrige muligheder er der for forbedring af processen?
  - »Vi kunne generelt godt tænke os mere brugervenlighed i Vico, samt en forbedring af koblingen af 3D-modellerne. Herudover vil vi gerne kunne bruge Vico uden Sigma i de tilfælde hvor priserne ikke er baseret på V&S-prisbøger eller hvis der ikke sammenkøbes med andre fag.«
10. Hvordan vil I håndtere det videre forløb på Panum-udbygningen mht. digitalt udbud?
  - »Grundlæggende planlægger vi at kunne bruge de samme processer for mængdeudtræk, som vi har brugt i projektforslaget til kalkulation. Mængdelisterne underinddeles herefter i entrepris-specifikke tilbudsliste, hvilke suppleres af BIM-model(ler), bygningsdelsbeskrivelser og dokumentation for opmålingsgrundlag.
  - Derudover er jeg, på nuværende tidspunkt, ved at udarbejde en projektspecifik IDM, der beskriver projektets rådgivende parters håndtering af det digitale udbud.«
11. Hvor ser du de primære udfordringer ved digitalt udbud?
  - »Den helt grundlæggende udfordring er at vi, som rådgivere, har ansvaret for mæng-

derne, hvorimod det tidligere var entreprenørene selv. Derfor kan det have væsentlige økonomiske konsekvenser, hvis vi laver fejl, f.eks. hvis der overses mængder.

Herudover foreligger der et problem at løse mht. dokumentation af opmålingsgrundlaget, jf. bekendtgørelsen for IKT. Dette har vi valgt at løse med udgangspunkt i bips Opmålingsregler 2008, hvilke vi supplerer med beskrivelser af tilbuds- og afregningsgrundlag for hver bygningsdel. Den primære problemstilling ved kun at tage udgangspunkt i opmålingsreglerne er at der ikke foreligger en ensartet måde at bruge dem på, samt at de baseres på det meget omtalte DBK-system.«

12. Hvilke fordele tilvejebringer processen med digitalt mængdeudtræk?

»Ud over en bedre og mere struktureret dokumentation af mængdelisterne og hermed også kalkulationerne, har vi erfaret at digitaliseringen medfører en forbedret nøjagtighed af mængderne af den enkelte komponent. Herudover har vi erfaret at tidsforbruget forbundet med mængdeudtrækket, og KS heraf, allerede er mindsket sammenlignet med øvrige projekter.«

## B.2 Niels Tredal (INST)

Formålet med dette interview har været at få indblik i procedurerne for BIM-baseret kalkulation af anlægsoverslag for installationsfaget hos Rambøll. Interviewet er med Niels Tredal, 18. juni 2012, som er civilingeniør og projektleder i afdelingen for *Bu-ildings, Health and Pharma*. Niels er specialist i BIM-projektering og projektledelse.

1. Hvordan foregår kalkulation for installationsfaget?
 

»Det vi gør anderledes i forhold til KON er at vi baserer mange af vore estimater på arealer. Dvs. at vi bruger en fastsat pris, eksempelvis for et ventilationssystem til en kontorbygning.

Det skyldes at modellerne ikke indeholder en tilstrækkelig detaljering på det tidspunkt vi skal lave estimaterne. Vores proces står altså i kontrast til KON. De får tidligt placeret søjler og vægge mm., hvilket gør at de i det hele taget har et fornuftigt overblik over de fornødne mængder, som kan danne grundlag for deres kalkulationer. I virkeligheden bruger vi kun et meget begrænset omfang vore 3D-modeller til kalkulation. Vi bruger derimod arkitektens model, hvor vi går ind og betragter hvor mange kvadratmeter er der af de forskellige kategorier af rum, som laboratorier, kontorer osv. Herefter vurderes kvadratmeterprisen for de forskellige kategorier på baggrund af V&S-prisbøger.

Vi forholder os altså ikke til antallet af radiatorer eller længden af rør. Når vi så udbyder projektet i hovedprojektet, bruges modelbaserede mængdeopgørelse, i form af reelle tilbudslistes.»
2. Hvor detaljeret bliver jeres modeller i et forprojekt?
 

»Normalt er det primært hovedføringsveje i gange og skakte der dimensioneres og modelleres. Detaljerne ude de enkelte rum er ofte det der koster penge - derfor projekteres disse først når grundlaget ligger fast. Potentialer af modelbaseret mængdeudtræk i kalkulationssammenhæng er derfor begrænset.»
3. Hvilket grundlag har I bestemt mængder ud fra på Panum-projektet?
 

»Vi har anvendt de arealer som arkitekten har trukket ud af sin Revit-model - hvilke er blevet kontrolleret internt i Rambøll. Det er altså ikke ensbetydende med at det ikke er BIM orienteret, det er bare arkitektens rum-objekter der anvendes.»
4. Kan I udnytte jeres detaljerede modeller i hovedprojektet?
 

» Nej, på dette tidspunkt har bygherre godkendt vores anlægsoverslag og derfor er vores opgave herfra at detaljere i bund så det kan udbydes og bygges.»
5. Hvordan kan I udnytte jeres modeller i forhold til digitalt udbud (som på Panum)?
 

»Her tager vi i princippet alt hvad vi har lavet af lister og kyler ud til højre. Herefter laver vi nye mængdelister på baggrund af de komponenter som bliver modelleret i løbet af hovedprojektet. Mængdelisterne danner således grundlag for de tilbudslistes der sendes ud til entreprenørerne. Mængdeudtrækket kommer til at foregå, svarende til KON, med brug af Vico.

Årsagen til at vi starter forfra skyldes at vores nøgletalspriser under forprojektet er arealbaserede og etageinddelt. Når mængderne trækkes ud, vil de derimod være opdelt efter de forskellige typer anlæg og komponenter, eks. ventilationsanlæg. Derfor er slutpriserne det eneste direkte sammenligningsgrundlag.»

6. Hvilke andre projekter har I tidligere anvendt 3D-modeller til digitalt udbud?  
»Et eksempel er den nye bygning 328 på DTU - det største problem var her at vi ikke brugte Vico, hvorfor det var svært at gennemskue hvor de respektive mængder kom fra. Det var altså problematisk at føre kontrol med de udtrukne mængder. Verificeringen af mængderne blev derfor udført på baggrund af manuel optælling. På DTU-projektet kom entreprenøren efterfølgende med en del ekstraregninger fordi der var diskussion om, hvad en del af de opgjorte mængder indeholdte. Han kom også med ekstraregninger, hvor der var monteret ekstra materialer, men ikke modsvarende, såfremt vi i vores opgørelse havde talt for meget op. Det kan på den måde være et tagselvbord for entreprenørerne, hvilket jeg opfatter som et stort problem.«
7. Hvordan kan man øge sikkerheden for mængderne ved digitalt udbud?  
»Eksempelvis har man i England nogle funktionærer man kalder *Quantity Surveyors*, som har til formål at verificere de mængderne af de enkelte komponenter, hvilket danner grundlag for justering af priserne. Det kan meget vel være at det bliver nødvendigt at indføre tilsvarende funktionærer på de danske byggeprojekter.«
8. Hvad kan I gøre i fremtiden for at få mere nøjagtige anlægsoverslag?  
»På Panum-projektet har vi som noget nyt inden for installationsfagene implementeret rumdatabaseprogrammet, *dRofus*, der kan hjælpe med at danne overblik over specialudstyr, f.eks. stinkskebe. Ved at implementere en sådan database kan, en stor del af de ofte uafklarede mængder, som ofte udgør en væsentlig delsum i vores overslag, specificeres med en højere grad af nøjagtighed. På sigt ønsker vi at implementere et tilsvarende program generelt.«

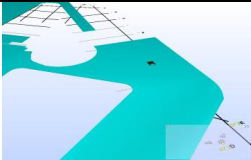
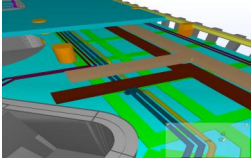
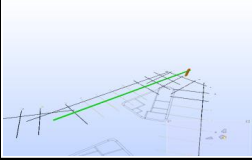


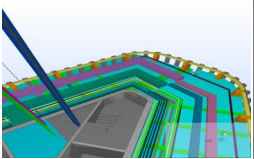
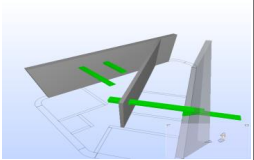
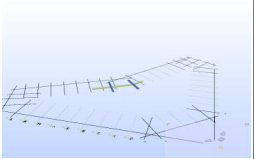
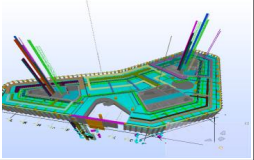
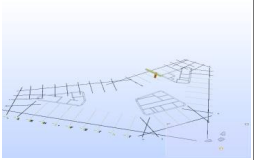
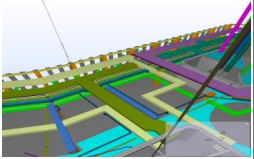
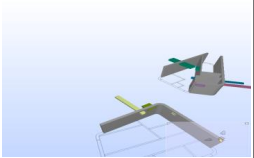
Bilag C

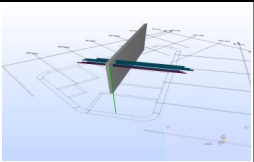
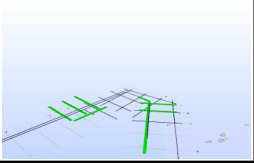
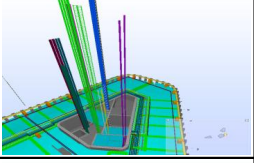

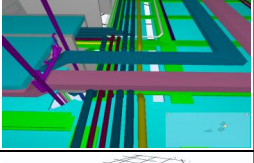
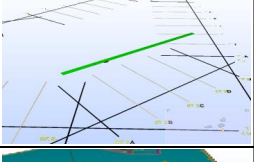
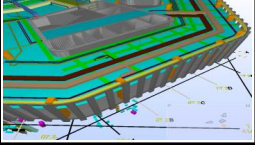
Kollisionsrapport (uddrag)  
Panum-udbygningen, niveau 10

Modelnavn	751-99-V-X-XX - 2012-02-28	#	Fag
Initialer		#1-#2	Ark mod Vent
Virksomhed		#3-#5	Kon mod EL
Dato	February 28, 2012	#6-#8	Kon mod Vent
Modulnet tårnet	Date: 2012-02-26 19:15:25 Application: AutoCAD Architecture 2010 IFC: IFC2X3	#9	Kon mod VVS
3DView-Niveau10	Date: 2012-02-26 19:28:30 Application: AutoCAD Architecture 2010 IFC: IFC2X3	#10-#11	VVS mod EL
751-07-U-E-10-1-001	Date: 2012-02-27 07:27:10 Application: MagiCAD-E 2011.4 IFC: IFC2X3	#12-#13	VVS mod Vent
751-07-U-V-10-1-701	Date: 2012-02-27 17:17:14 Application: MagiCAD HPV 2011.4 IFC: IFC2X3	#14-#19	Vent mod EL
751-07-U-V-10-1-901	Date: 2012-02-27 17:17:50 Application: MagiCAD HPV 2011.4 IFC: IFC2X3		
nedhængt loft	Date: 2012-02-24 12:14:55 Application: AutoCAD Architecture 2010 IFC: IFC2X3		
Tekla--PA-filter-10	Date: 2012-02-28 00:55:11 Application: Tekla Structures IFC: IFC2X3		
751-99-U-E-XX-1-001	Date: 2012-02-27 07:33:12 Application: MagiCAD-E 2011.4 IFC: IFC2X3		
751-99-U-V-XX-1-909	Date: 2012-02-28 12:15:47 Application: MagiCAD HPV 2011.4 IFC: IFC2X3		
EL_hulmodel	Date: 2012-02-27 01:01:09 Application: AutoCAD Architecture 2010 IFC: IFC2X3		
VVS_hulmodel	Date: 2012-02-28 01:02:42 Application: AutoCAD Architecture 2010 IFC: IFC2X3		

**2012-02-28 Projektforslag**

#	TrackID	Modul	Dato	Initialer	Billede	##	Responsibilities	Action Required	Action Taken	Status
1	13	Modul 3B	28-Feb-2012			Kanal rammer NL	Ark mod Vent			
2	14	Modul 3B	28-Feb-2012				Ark mod Vent	Kanaler ændres	JPC/BIIS	Open
3	17	Modul .4B-4C	28-Feb-2012			KB rammer søjle	Kon mod EL	ATB har rettet	ATB	Closed

4	18		28-Feb-2012			Kon mod EL	ATB har rettet	ATB	Closed
5	19		28-Feb-2012		Generelt mangler hulangivelse på niveau 10	Kon mod EL	Huller angivet på niv.7. Kopieres op	ATB	Open
6	20	Modul 5A-6B	28-Feb-2012		Kanal rammer KON	Kon mod Vent			
7	21		28-Feb-2012			Kon mod Vent	Kanaler ændres	JPC/BIIS	Open
8	23	Modul 5C	28-Feb-2012		Kanal rammer søjle	Kon mod Vent			Open
9	24	Modul 5C	28-Feb-2012			Kon mod Vent	Kanaler flyttes	JPC/BIIS	Open
10	25		28-Feb-2012		Generelt mangler hulangivelse på niveau 10	Kon mod Vent	Huller angivet på niv.7. Kopieres op. OK	BIIS	Closed

11	26		28-Feb-2012		Generelt mangler hulangivelse på niveau 10	<b>Kon mod VVS</b>	Huller angivet på niv.7. Kopieres op. OK	BIIS	Closed
12	28	Mellem modul 5D-3H	28-Feb-2012		KB'er rammer faldstamme. Faldstamme er med fald	<b>VVS mod EL</b>	ATB rykker KB fri af inst. = ligger så lavt som muligt	ATB	Open
13	29	Mellem modul 5D-3H	28-Feb-2012			<b>VVS mod EL</b>			
14	30	Modul 3F-3G	28-Feb-2012		Afløb rammer kanal	<b>VVS mod Vent</b>			
15	31		28-Feb-2012			<b>VVS mod Vent</b>	Kanal rykkes fri af afløb	JPC/BIIS	Open
16	32	Modul 2B-2C	28-Feb-2012		Vent rammer KB. Bakke skal længere op, da højden på vent vil ramme flere steder	<b>Vent mod EL</b>			Open
17	33	Modul 2B-2C	28-Feb-2012			<b>Vent mod EL</b>	Afventer placering af køleloft.	JPC/ATB	Open