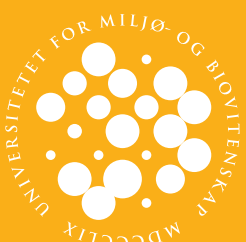


IMPLEMENTERING AV  
BYGNINGSINFORMASJONSMODELLERING (BIM) I 4- OG 5D  
HOS EN TOTALENTREPRENØR

IMPLEMENTATION OF 4- AND 5D BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)  
AT A GENERAL CONTRACTOR

TORBJØRN NORDAL

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP  
INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI (IMT)  
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2012





# SAMMENDRAG

Dagens prosesser for fremdriftsplanlegging og kalkulasjon i Reinertsen AS utnytter ikke det tredimensjonale BIM-arbeidet som foregår i konsernet. Dette fører til mye dobbeltarbeid i konsernet, samtidig som man får også svært dårlig erfaringsdata.

Oppgaven har vist hvordan disse problemene kan løses gjennom implementering av 4- og 5D BIM. Hovedfokuset i denne oppgaven har vært 4D BIM, som vil si at man knytter *tid* til modellen.

Metodene for få informasjon om problemer og løsninger har vært intervjuer i Reinertsen AS og litteraturstudier.

Oppgaven har blitt løst gjennom å bruke buildingSMART Prosess og en dokumentleveranseplan. Gjennom bruk av disse metodene kan Reinertsen utnytte sin struktur som totalentreprenør til å utvikle interne krav til modellering, kalkulasjon og planleggingsprosesser.

Med buildingSMART Prosess og en dokumentleveranseplan vil man også kvalitetssikre leveranser og få en bedre kommunikasjon i konsernet. Disse prosessene vektlegger bruk av 4- og 5D Software som Vico Office Suite. 4- og 5D BIM endrer metodene for kalkulasjon og fremdriftsplanlegging, og gir en mer trimmet bygging og større effektivitet.

Bruken av 4D BIM gir også muligheter for å benytte *stedsbasert planlegging*. Stedsbasert planlegging er planleggingsmetode som i tillegg til tid, også inkluderer den geografiske plasseringen av jobben som skal gjøres. På denne måten unngår man flaskehalser, sløsing og man får en større mulighet til proaktiv planlegging.

Fremdriftsplanlegging basert på stedsbasert planlegging har også vist seg å kunne korte ned byggetiden med 15-20 %.

Det finnes flere store utfordringer for en 4- og 5D BIM-implementering, hvor de største er investeringskostnad, uvisshet rundt økonomisk nytte og en konservativ bransje. Disse utfordringene må aksepteres for at en slik implementering skal kunne rettferdiggjøres.



## FORORD

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Institutt for Matematiske Real FAG og Teknologi (IMT) ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB), høsten 2012. Min utdannelse består av en bachelorgrad i Ingeniør Bygg – Konstruksjon fra Høgskolen i Gjøvik (HIG), og en 2-årig mastergrad i Byggeteknikk og Arkitektur, med spesialisering i treteknologi ved UMB, hvor denne masteroppgaven setter punktum for min ingeniør-grad.

Masteroppgaven er utført i samarbeid med Reinertsen AS, i forbindelse med deres satsing på bygningsinformasjonsmodellering i 4 og 5 dimensjoner. Oppgaven kom til i gjennom et samarbeid mellom kandidaten og Reinertsen AS.

Jeg vil utrette en stor takk til mine veiledere ved UMB, Eilif Hjelseth og Christian Sørensen, for deres hjelp under skrivingen av denne oppgaven. Jeg vil også utrette en stor takk til Johann Ørn Gudmundssen i Reinertsen AS for sin inkludering av meg i prosjektene, og sitt engasjement rundt min oppgave.

Ås, 14. desember 2012.

Torbjørn Nordal (sign.)



# ABSTRACT

This Master Thesis is a collaboration between the Reinertsen AS Enterprise and the undersigned. Reinertsen AS is one of Scandinavia's largest construction companies, and supplies services within the market areas of the oil & gas industry, construction and transportation/infrastructure. With offices in four countries, a steel mill in Russia and a factory in Poland, Reinertsen AS is involved in solving communication issues, and streamlining their processes. In this Master Thesis the area of focus has been on their engineering division, and their implementation of 4- and 5-dimensional building information modeling (BIM).

The focus of this thesis has been "How can efficiency and communication improve through the use of 4- and 5D BIM, at a general contractor?". This Master Thesis shows that using 4- and 5D software, like Vico Office Suite, and a buildingSMART Process could solve this problem. This thesis has also evaluated different strategies of BIM implementation, and discussed why there is a need for 4- and 5D BIM in Reinertsen. The reasons why Reinertsen is implementing 4- and 5D BIM are many: several of the largest governmental property developers are requiring the use of BIM in their projects, and in recent years they have been asking for the use of 4- and 5D BIM. This has forced the need for 4- and 5D-BIM expertise, and several of Reinertsens competitors have already started pilot projects within this area.

Reinertsen has also started pilot projects for 4- and 5D BIM projects, and this thesis will be focusing on the "Kværnerbyen E3" project, where Reinertsen has experimented with implementing 4D BIM.

The current planning- and calculation process in Reinertsen is done by evaluating architectural- and structural drawings, despite the fact that the civil engineers and architects are already modeling in 3D BIM. By using 4- and 5D BIM Software and buildingSMART Process methods combined with a set of document deliveries, Reinertsen could streamline their planning- and calculation processes.

The major challenges for 4- and 5D BIM implementation are several: high investment costs, a new method of working, and increased model quality requirements.

An implementation of 4- and 5D in Reinertsen will permanently change the way project planners and calculators work in Reinertsen, by adjusting to a whole new system of working and thinking. If this implementation is to be successful, the engineers and architects in Reinertsen depends on that there are resources enough available to create good enough models for the project planners and calculators to use. The success of this implementation is also dependent on the site managers' intentions, and willingness to use them.





# INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1.1 BAKGRUNN .....	1
1.2 OPPGAVENS OMFANG.....	2
1.3 OPPGAVENS OPPBYGGING.....	3
<b>2. PROBLEMSTILLING.....</b>	<b>4</b>
2.1 BEGRENSNINGER.....	4
<b>3. METODE .....</b>	<b>5</b>
3.1 Litteratur og litteratursøk .....	5
3.2 Kvalitative informantintervjuer .....	5
3.3 Testing av programvare.....	6
<b>4. CASEINTRODUKSJON .....</b>	<b>7</b>
4.1 Introduksjon til REINERTSEN.....	7
4.1.1 Divisjon Engineering Arkitekt og Land (DEAL).....	9
4.1.2 Divisjon Entreprenør (DENT) .....	10
4.1.3 Divisjon Store Landprosjekter (DSL) .....	11
4.2 Dagens fremdriftsplanlegging.....	12
4.3 Dagens tegning og modellering .....	15
4.4 Dagens kalkulasjon.....	17
4.5 Reinertsens BIM-plan .....	19
4.5.1 Reinertsens BIM-Manual .....	22
4.5.2 Dagens BIM-koordinering.....	24
4.6 BIM i totalentreprisen Kværnerbyen .....	26
4.7 Erfaringer med 4- og 5D BIM hos andre aktører .....	31
<b>5. TEORI.....</b>	<b>32</b>
5.1 BIM.....	32
5.1.1 buildingSMART .....	34
5.1.2 buildingSMART Data Modell (IFC) .....	35
5.1.3 buildingSMART Dataordbok.....	36
5.1.4 buildingSMART Prosess.....	37
5.1.5 BIM i 4- og 5D .....	38
5.1.5 Vico Software.....	40
5.1.6 BIM Execution Plan .....	41
5.1.7 Information Delivery Design Systems (IDDS) .....	42
5.1.8 Virtual Design and Construction (VDC) .....	43
5.1.9 Utfordringer for BIM .....	44
5.2 PROSJEKTSTYRING.....	45
5.2.1 LEAN.....	45
5.2.2 Critical Path Method (CPM).....	46
5.2.3 Location Based Scheduling (LBS) .....	49
5.2.4 Sammenligning LBS og CPM/Gantt.....	52
<b>6. RESULTATER .....</b>	<b>54</b>
6.1 DOKUMENTLEVERANSER.....	54
6.1.1 Dokumentleveranseplan for 4- og 5D BIM:.....	55
6.1.2 M1: "kalkylemodellen" .....	55

6.1.3 M2 : "Hovedfremdriftsplan-modellen":.....	56
6.1.4 M3 : "Ukeplaner-modellene": .....	57
6.2 <i>buildingSMART PROSESS</i> .....	59
6.2.1 Prosess for 4D BIM.....	59
6.2.2 Prosess for 5D BIM.....	62
6.2.3 Prosess for Kvalitetskontroll .....	64
<b>7. DISKUSJON</b> .....	<b>66</b>
<b>8. KONKLUSJON</b> .....	<b>71</b>
<b>9. ETTERORD OG VIDERE FORSKNING</b> .....	<b>73</b>
<b>KILDER</b> .....	<b>74</b>

## VEDLEGG

	Side
Vedlegg 1 Hvordan lese prosesskart	V1
Vedlegg 2 Forslag objektnavn bygg	V3
Vedlegg 3 Kvalitetskontrollskjema	V4
Vedlegg 4 Skjermdump av kalkulasjon i MAP og Vico	V5
Vedlegg 5 BIM Execution Plan	V6
Vedlegg 6 Støtte for IFC	V9

## FIGURLISTE

Figur 1 Organisasjonskart Reinertsen (Reinertsen AS & tegn 3 2012) .....	7
Figur 2 Reinertsen AS' verdikjede (Reinertsen AS & tegn 3 2012) .....	8
Figur 3 Fremdriftsplanleggingens oppbygging (Spannagel 2012) .....	12
Figur 4 Eksisterende planleggingsprosess i Reinertsen (Spannagel 2012) .....	13
Figur 5 Eksisterende tegningsprosess i Reinertsen (Bjoland 2012).....	15
Figur 6 Eksisterende kalkuleringsprosess i Reinertsen (Galåen 2012) .....	17
Figur 7 Eksisterende 3D BIM-koordinering i Reinertsen (Guðmundsson 2012) ...	25
Figur 8 BIM-koordineringsprosessen i Kværnerbyen (Guðmundsson 2012) .....	26
Figur 9 Reinertsens vurdering av BIM i Kværnerbyen (Reinertsen AS 2012e)....	29
Figur 10 Skjermdump fra Solibri med BIM-modellen .....	32
Figur 11 Informasjonspanelet i Solibri forstørret .....	33
Figur 12 åpenBIM-trekanten (buildingSMART 2012e) .....	35
Figur 13 IFC-formatet (Graphisoft 2012) .....	35
Figur 14 Behovet for buildingSMART Dataordbok (buildingSMART).....	36
Figur 15 BIM i 4 dimensjoner (Vico Software 2012d) .....	38
Figur 16 BIM i 5 dimensjoner (Vico Software 2012d) .....	39
Figur 17 Vico Software (Vico Software 2012b) .....	40
Figur 18 BIM Execution Planning (Penn State University 2011) .....	41
Figur 19 IDDS' innvirkning (Owen 2009) .....	42
Figur 20 VDC i Veidekke (Veidekke 2011) .....	43
Figur 21 Eksempel på CPM (P Coder 2012) .....	46
Figur 22 Eksempel Gantt-diagram (Wikipedia 2012) .....	47
Figur 23 Eksempel LBS (Blom 2011).....	49
Figur 24 Oppdeling av LBS (Blom 2011).....	50
Figur 25 Prosessen med LBS (Guðmundsson & Sigurðsson 2010).....	51
Figur 26 Dokumentleveranse for BIM i 4- og 5D i Reinertsen.....	55
Figur 27 Prosess for 4D BIM i Reinertsen .....	60
Figur 28 Prosess for 5D BIM i Reinertsen .....	62
Figur 29 Prosess for Kvalitetskontroll i Reinertsen .....	64
Figur 30 Muligheter for BIMen i Reinertsen .....	72



# TABELLISTE

Tabell 1 Sammenligning LBS og CPM (Guðmundsson & Sigurðsson 2010) .....	52
Tabell 2 PM 1.1: M2-prosjektering og modellering .....	60
Tabell 3 PM 1.2: Kvalitetskontroll .....	60
Tabell 4 PM 1.3: Fremdriftsplanlegging i Vico .....	60
Tabell 5 PM 1.4: M3-Prosjektering og modellering .....	61
Tabell 6 PM 1.5: Kvalitetskontroll .....	61
Tabell 7 PM 1.6: Fremdriftsplanlegging i Vico .....	61
Tabell 8 PM 2.1: M1-Prosjektering og modellering .....	63
Tabell 9 PM 2.2: Kvalitetskontroll .....	63
Tabell 10 PM 2.3: Kalkulasjon i Vico .....	63
Tabell 11 PM 3.1: Sammenkobling av modellene.....	64
Tabell 12 PM 3.2: Kollisjonskontroll .....	64
Tabell 13 PM 3.3: Kvalitetssjekking av modellene .....	65
Tabell 14 PM 3.4: Eventuelle endringer .....	65



## ORD- OG DEFINISJONSLISTE

<b>4- og 5D BIM</b>	BIM i 4- og 5-Dimensjoner, betyr at man bruker den tredimensjonale modellen til å lage fremdriftsplaner og kalkulasjon, gjennom å knytte modellens objekter til tid og kostnader.
<b>ARK</b>	Arkitekt. Prosjekterende på utforming av bygget.
<b>BIM</b>	Bygningsinformasjonsmodell, eller bygningsinformasjonsmodellering. En modell av bygget som inneholder informasjon om spesifikasjoner for objektene i modellen.
<b>buildingSMART</b>	Et internasjonalt selskap som jobber med standardisering av BIM, gjennom fokus på at BIM skal være et åpent format.
<b>Critical Path Method (CPM)</b>	Critical Path Method. En fremdriftsplanleggingsmetode som har blitt udøvet i flere tiår, og er den vanligste metoden for fremdriftsplanlegging. Viser fremdrift i én dimensjon, tid. Denne fremdriftsplanen blir ofte visualisert som et Gantt-diagram, som ser ut som et liggende stolpediagram.
<b>DEAL</b>	Divisjon Engineering og Arkitektur Land. Reinertsen AS' prosjekterende divisjon. Består av arkitekter og ingeniører i mange fag, som bygg, elektro, ventilasjon etc.
<b>DENT</b>	Divisjon Entreprenør. Reinertsen AS' entreprenør-divisjon. Denne avdelingen består av fagarbeidere og anleggsledelse og innkjøpere.
<b>DSL</b>	Divisjon Store Landprosjekter. Reinertsen AS' divisjon for prosjektledelse og kalkulasjon.
<b>IDDS</b>	Integrated Design Delivery Solutions er en BIM-metode hvor man ser på BIM-implementeringen fra et organisatorisk perspektiv.

<b>IFC</b>	IFC er et åpent filformat for BIM, laget og vedlikeholdt av buildingSMART
<b>Intern Disiplin Kontroll</b>	Interndisiplinkontroller. Interne kontroller i Reinertsen AS av tegninger/modeller og beregninger.
<b>LBS</b>	Location Based Scheduling. En to-dimensjonal fremdriftsplanleggingsmetode som i tillegg til å se tiden også ser på den geografiske plasseringen av arbeidet som skal utføres. Denne metoden blir på norsk ofte kalt "stedsbasert planlegging".
<b>Prosent Plan Utført</b>	Prosent av Plan Utført. Et mål for fremgangen av utført arbeid i LPS.
<b>RIB</b>	Rådgivende ingeniør bygg. Prosjekterende på konstruksjon- og struktur-siden.
<b>Tekniske fag</b>	Dette er en samlebetegnelse for alle tekniske fag som ikke er bygg. Det vil si elektro, ventilasjon etc.
<b>VDC</b>	Virtual Design and Construction er en BIM-metode som bruker BIM'en sammen med en blanding av et strukturert og et sosial planleggingssystem



# 1. INNLEDNING

## 1.1 BAKGRUNN

Oppgaven er en masteroppgave ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB) med studieretningen Byggeteknikk og Arkitektur ved Institutt for Matematiske Realfag og Teknologi (IMT).

Oppgavene har utgangspunkt i implementeringen og uttestingen av 4- og 5-dimensjonal bygningsinformasjonsmodellering (4- og 5D BIM) i totalentreprenøren Reinertsen AS.

Reinertsen AS er et konsern som leverer ingeniør-, entreprenør- og fabrikasjonstjenester innen markedsområdene bygg og anlegg og olje og gass. Konsernet har en årlig omsetning på omkring 3 milliarder NOK (**buildingSMART 2012f**; Reinertsen AS 2012c). Reinertsen AS jobber i hele verdikjeden. Det vil si at de blant annet er byggherre, prosjektleder, prosjekterende og utførende i store byggeprosjekter. Denne struktureringen gir muligheter for å ta tak i hele organisasjonen ved en metodeendring, som 4- og 5D BIM er, og se på hvordan de forskjellige delene av konsernet kan kommunisere bedre sammen.

Reinertsen AS er lokalisert på åtte steder i Norge med hovedkontor i Trondheim. Reinertsen AS har også flere kontorer i Sverige, samt kontorer og fabrikker i Polen og Russland, noe som gir utfordringer i forhold til kommunikasjonen blant annet ved prosjektering og produksjon.

Byggebransjen har de siste årene begynt å se godene ved bruken av BIM i 3, 4 og 5 dimensjoner, og stadig flere entreprenører og prosjekterende i byggebransjen har startet satsingen på BIM i 4- og 5D. Reinertsen AS har et ønske om å være helt i toppen i sine markedsområder, og har derfor også startet satsingen på BIM i 4- og 5D, etter å ha brukt BIM i 3D i mange år.

Store nasjonale byggherrer som Statsbygg, Forsvarsbygg og Undervisningsbygg har også begynt å sette krav om bruk av 4- og 5D i sine prosjekter, noe som har presset frem bruken av ny teknologi i byggebransjen.

Ekstern veileder for oppgaven har vært Johann Ørn Gudmundsson ved Reinertsen AS. Veileder ved UMB har vært Eilif Hjelseth ved Institutt for Landskapsplanlegging.

## 1.2 OPPGAVENS OMFANG

Oppgaven omfatter en studie av hvordan prosessene for BIM foregår hos totalentreprenøren Reinertsen AS, hvilke utfordringer og muligheter de selv ser for BIM, spesielt med tanke på 4- og 5D BIM. Oppgaven viser hvordan 4- og 5D BIM kan effektivisere nåværende prosesser hos Reinertsen AS.

Oppgaven vil kort fortelle om teorien bak BIM og BIM-Software. Grunnen som at denne delen er relativt kortfattet er at BIM har blitt allemannseie, og er noe de fleste innen byggebransjen har kjennskap til. Det vil bli forklart litt om de forskjellige metodene å jobbe med BIM på, med hovedfokus på buildingSMART sine standarder og metoder. Oppgaven er løst med et primært fokus på buildingSMART sine standarder. Øvrige metoder vil bli diskutert under kapittel 7. DISKUSJON".

Oppgaven fokuserer på 4D. Som en del av vurderingen hvorfor man bør gå over til 4D BIM blir de mest vanlige fremdriftsplanleggingsformene presentert og vurdert alene og mot hverandre. Denne oppgaven har et primært fokus på 4D BIM, på grunn av at fokuset i casen oppgaven omhandler, prosjektet "Kvæernerbyen E3", har hatt et hovedfokus på dette området, og det finnes derfor få erfaringer med 5D BIM hos Reinertsen AS.

Resultatet av denne oppgaven er en buildingSMART Prosess med dokumentleveranser. Denne prosessen viser hvordan informasjonflyten og kommunikasjonen bør foregå ved en bruk av 4- og 5D BIM i Reinertsen.

## 1.3 OPPGAVENS OPPBYGGING

Kapittel 2 gir problemstillingen og begrensninger for oppgaven.

Kapittel 3 forteller om hvordan oppgaven har blitt løst, og hvordan den informasjonen har fremkommet.

Kapittel 4 omhandler Reinertsen konsernets oppbygging, samt en introduksjon til hvordan prosjekterings-, modellerings- og kalkulasjonsprosessen samt fremdriftsplanlegging blir utført i dag. Dette kapitlet er viktig for å forstå hvordan alt henger sammen, og hva der er som virker og ikke virker i dagens prosesser.

Kapittel 5 omhandler teorien bak BIM, BIM-system og prosjektstyring/fremdriftsplanlegging. Dette kapitlet gir leseren en bedre forståelse for resultatet, drøftingen og konklusjonen, og er avgjørende for å forstå oppgaven.

Kapittel 6 viser resultatene av oppgaven i form av et dokumentleveranseskjema og prosesskart for hvordan kommunikasjonen bør foregå i Reinertsen.

Kapittel 7 diskuterer hvordan Reinertsen skal forholde seg til BIM-implementeringen, og muligheten og problemene det gir.

Kapittel 8 konkluderer med hvordan Reinertsen kan utnytte sine muligheter som totalentreprenør, og hvorfor man bør implementere BIM i 4- og 5D.

Kapittel 9 gir ideer til videre arbeid i ettertanke av hvordan oppgaven har blitt løst og begrenset.

## 2. PROBLEMSTILLING

Hvordan kan effektiviteten og kommunikasjonen forbedres med bruk av 4- og 5D BIM, hos en totalentreprenør?

### 2.1 BEGRENSNINGER

Oppgaven er naturlig begrenset ved å ta utgangspunkt i prosjekteringsfasen, da arbeidet på byggeplass startet nær innlevering av denne oppgaven.

Oppgaven går ikke inn i innkjøpsfasen og kalkulasjon hos Reinertsen, og vurderer ikke de økonomiske aspektene ved implementering av 4- og 5D-BIM, som investeringskostnader og alternativkostnader.

Programmenes virkemåte og bruk er ikke en del av oppgaven.

Oppgaven vil også i stor grad gå bort fra de tekniske problemstillingene rundt IFC-standarder og programvarers støtte for disse.

Oppgaven fokuserer hovedsakelig på bygg og arkitektursiden, og neglisjerer dermed i stor grad andre tekniske fag.

## 3. METODE

Flere ulike metoder er blitt benyttet for å løse problematikken. Metodene for datainnhenting deles inn i tre deler: litteratur og litteratursøk, kvalitative informantintervjuer og testing av programvare.

### 3.1 Litteratur og litteratursøk

Oppgaven er i hovedsak et intervju- og litteraturstudium, hvor litteraturen i de fleste tilfeller har vært hentet fra nyere forskning innen BIM. Masteroppgavene har vært hentet fra Nordiske universiteter, og da spesielt norske, da disse er mer relevante for den norske byggeindustrien. Disse oppgavene har også omhandlet konkurrenter av min oppdragsgiver, noe som har gitt et bilde av den norske BIM-bruken.

Bøker og hefter som har blitt brukt i denne oppgaven har fremkommet etter tips fra veiledere på UMB og i Reinertsen AS, samt funnet ved litteratursøk på Universitetsbiblioteket og internett. Det har også blitt brukt opplæringsvideoer om BIM. Dette har spesielt gjeldt bruk av Vico Software, 4- og 5D BIM og fremdriftsplanlegging, samt buildingSMART sine sider om BIM.

Interne dokumenter i Reinertsen AS angående BIM, samt deres BIM-strategiplaner og BIM-manual har også blitt benyttet, både som en kilde og som et utgangspunkt for forbedringen av en full BIM-implementering.

### 3.2 Kvalitative informantintervjuer

Det har i denne oppgaven blitt foretatt mange intervjuer med ulike personer i Reinertsen:

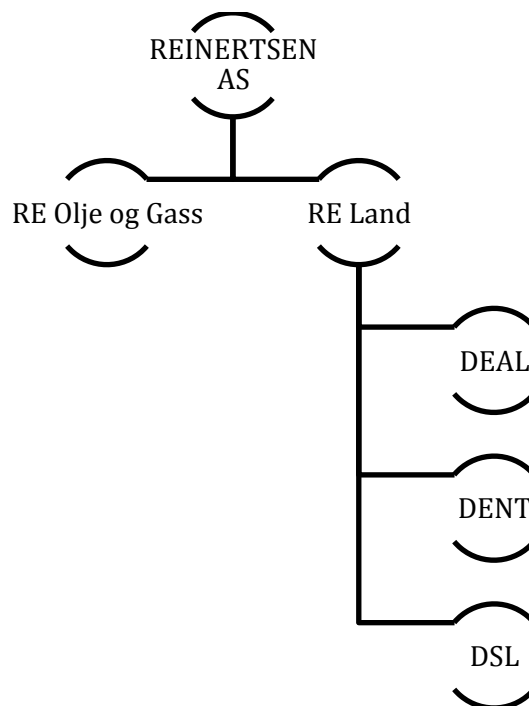
- BIM-utvikler / BIM-koordinator – v/ Johann Ørn Gudmundsson
- Kalkulator – v/ Hans Gunnar Galåen
- Prosjektleder – v/ Carsten Spannagel
- Prosjektets rådgivende gruppe med
  - Arkitekt – v/ Andre Haugen
  - Rådgivende ingeniør bygg – v/ Vegard Sætre Bjoland
- Ledelse – v/ Kristian Reinertsen

### 3.3 Testing av programvare

For å kunne gi en skikkelig vurdering av programmer for bruk av BIM har det i denne oppgaven blitt testet produkter som Vico Suite og Tekla. Testingen av programmene ble gjort med prosjektet "Kvæernerbyen E3" som danner grunnlag for denne oppgaven. Testingen har skjedd med Reinertsens programlisenser. På grunn av omfanget i Vico Software ble bare deler av programmet testet. De delene av programmet som ble testet ble valgt på grunn av deres relevans for oppgaven, og oppfordringer fra BIM-utvikler i Reinertsen AS, Johann Ørn Gudmundsson.

## 4. CASEINTRODUKSJON

### 4.1 Introduksjon til REINERTSEN



**Figur 1 Organisasjonskart Reinertsen (Reinertsen AS & tegn 3 2012)**

Reinertsen AS (heretter bare omtalt som Reinertsen) er et konsern som leverer ingeniør-, entreprenør- og fabrikkasjonstjenester innen markedsområdene bygg og anlegg og olje og gass. Konsernet har en årlig omsetning på omkring 3 milliarder NOK (Reinertsen AS 2012c).

REINERTSEN AS er delt i to hoveddeler:

#### 1. Reinertsen Olje og Gass (Reinertsen AS 2012d)

Reinertsen Olje og Gass gjennomfører primært prosjekter for oljeselskaper, med store og krevende oppdrag som driver fram en rask utvikling av systemer innen prosjektgjennomføring, med hensyn til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø samt kvalitetssikring og IT. Reinertsen dekker alle faser av et prosjekt, noe som gir de ansatte muligheten til å arbeide med alle områdene innenfor verdikjeden: fra tidlig konseptutvikling gjennom projektering, innkjøp, fabrikkasjon, bygging/installasjon og drift/vedlikehold.

Reinertsen har spesialisert seg på:

- Ombygging og oppgradering av produksjonsanlegg offshore og på land
- Å knytte nye undervannsfelt til eksisterende installasjoner
- Å bygge ut transportsystemene for olje og gass
- Å vedlikeholde installasjoner

Reinertsens markedsområder innen olje og gass er:

- Prosessanlegg
- Vedlikehold og Modifikasjon
- Rørledninger
- Fabrikasjon
- Installasjon

## 2. Reinertsen Land (Reinertsen AS 2012c)



**Figur 2 Reinertsen AS' verdikjede (Reinertsen AS & tegn 3 2012)**

Innen bygg og anlegg leverer Reinertsen tjenester i hele verdikjeden: konseptløsninger, prosjektering og bygging. Reinertsen arbeider med alle typer bygg, industri og infrastruktur, samt ulike typer energiløsninger som for eksempel passivhus og vindkraft. I samsvar med kunders ønsker gjennomfører Reinertsen sine prosjekter i ulike kontraktsformer:

- Samspill
- Totalentrepriser
- Hoved-/delentrepriser
- Enfaglige eller multidisiplin ingeniør- og arkitektkontrakter

Reinertsen Land er den delen av Reinertsen som denne oppgaven konsentrerer seg om.

Reinertsen Land er videre inndelt i tre deler:

- Divisjon Engineering og Arkitektur Land (DEAL)
- Divisjon Entreprenør (DENT)
- Divisjon Store Landprosjekter (DSL)



### 4.1.1 Divisjon Engineering Arkitekt og Land (DEAL)

*“Divisjon Engineering Arkitekt Land (DEAL) er en sentral del av Reinertsens landbaserte virksomhet. DEAL jobber tverrfaglig i hele verdikjeden fra idéfase, skisseprosjekt, forprosjekt, detaljprosjekt, entrepriser og forvaltning, til drift, vedlikehold og riving.*

DEALs kompetanseområder ligger innenfor:

- Bygg og anlegg
- Energi og miljø
- Samferdsel
- Kommunalteknikk
- Struktur
- Prosjektstyring
- Innkjøp
- Arkitekt

*DEAL tar del i mange utfordrende prosjekter. Noen er egenutviklet, mens andre gjøres i samarbeid med andre divisjoner i konsernet. En betydelig del av virksomheten omfatter prosjektutvikling, totalentrepriser og flerfaglige hovedentrepriser. DEALs ingeniører og arkitekter utfører også rene planleggings- og prosjekteringsoppdrag.*

Avdelinger:

- Engineering Trondheim
- Engineering Oslo
- Engineering Sverige
- Tegn\_3: arkitektur, plan, landskap” (Reinertsen AS 2012a)

### 3.1.2 Divisjon Entreprenør (DENT)

*“Divisjon Entreprenør utfører prosjektutvikling og totalentrepriser alene eller i samarbeid med andre divisjoner i Reinertsen. En stor del av oppdragsmengden består av å utføre arbeid i de store prosjektene i samarbeid med Divisjon Store Landprosjekter (DSL).*

*Divisjon Entreprenør utfører byggeoppdrag som delt-, hoved- og totalentrepriser, og innenfor områdene bygg, VVA<sup>1</sup>, industri og samferdsel/infrastruktur. DENT har tilsammen ca. 360 ansatte hvorav omkring 300 er fagarbeidere lokalisert i Trondheim, Oslo og Bodø.*

*Divisjonen er delt i tre hovedområder:*

- 1. Tømmer*
- 2. Infrastruktur*
- 3. Bodø*

*Divisjonen utfører følgende tjenester:*

- 1. Faganleggsledelse og driftsledelse for store landprosjekter*
- 2. Prosjektledelse i mindre prosjekter*
- 3. Fagkalkulasjon innen betong, tømmer, VVA og anlegg*
- 4. Fagarbeid innen betong, tømmer, VVA og anlegg*
- 5. Serviceavtaler for private kunder*
- 6. Kjerneboring og betongsaging*

*Divisjonen utfører oppdrag i alle størrelsesordener og innenfor et vidt spekter av prosjekttyper: Alt fra mindre rehabiliteringsoppdrag for private oppdragsgivere, til store bygge- og anleggsprosjekter i samarbeid med Divisjon Store Landprosjekt (DSL) og Divisjon Engineering Arkitekt Land (DEAL).*

*Dette kan være utførelse av grunn, VVA, betong og tømmerarbeid på:*

- 1. Vegprosjekter*
- 2. Broer*
- 3. Jernbane*
- 4. Industrianlegg og industribygg*
- 5. Hotellbygg*
- 6. Undervisningsbygg og idrettsanlegg*
- 7. Helse- og boligbygg*
- 8. Kontor- og forretningsbygg “ (Reinertsen AS 2012b)*

---

<sup>1</sup> VVA. Ventilasjon, Vann og Avløp

<sup>2</sup> CPM-planlegging. Planleggingsmetode etter kritiske aktiviteter i dimensjonen

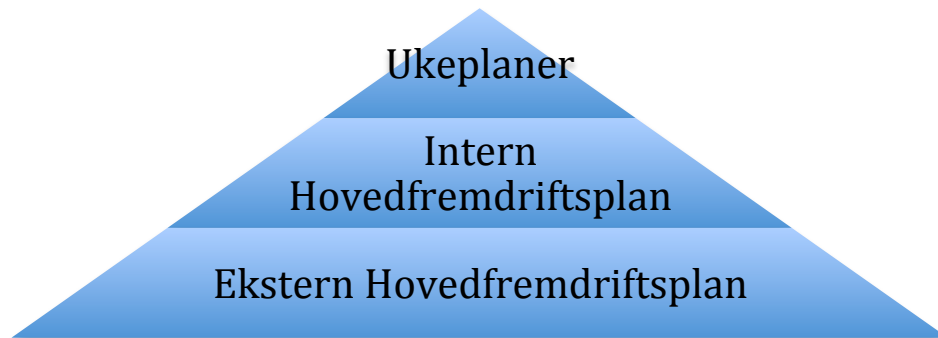
#### 4.1.3 Divisjon Store Landprosjekter (DSL)

*"Divisjon Store Landprosjekter (DSL) er Reinertsens divisjon for utførelse av store bygge- og anleggsprosjekter. DSL er spesialister på gjennomføring av totalentrepriser og større hovedentrepriser. Gjennom mange år har Reinertsen bygget opp erfaring med å utføre prosjekter i samspill med byggherre.*

*Et typisk prosjekt i DSL er på 150-300 mill. NOK." (Reinertsen AS 2012f)*

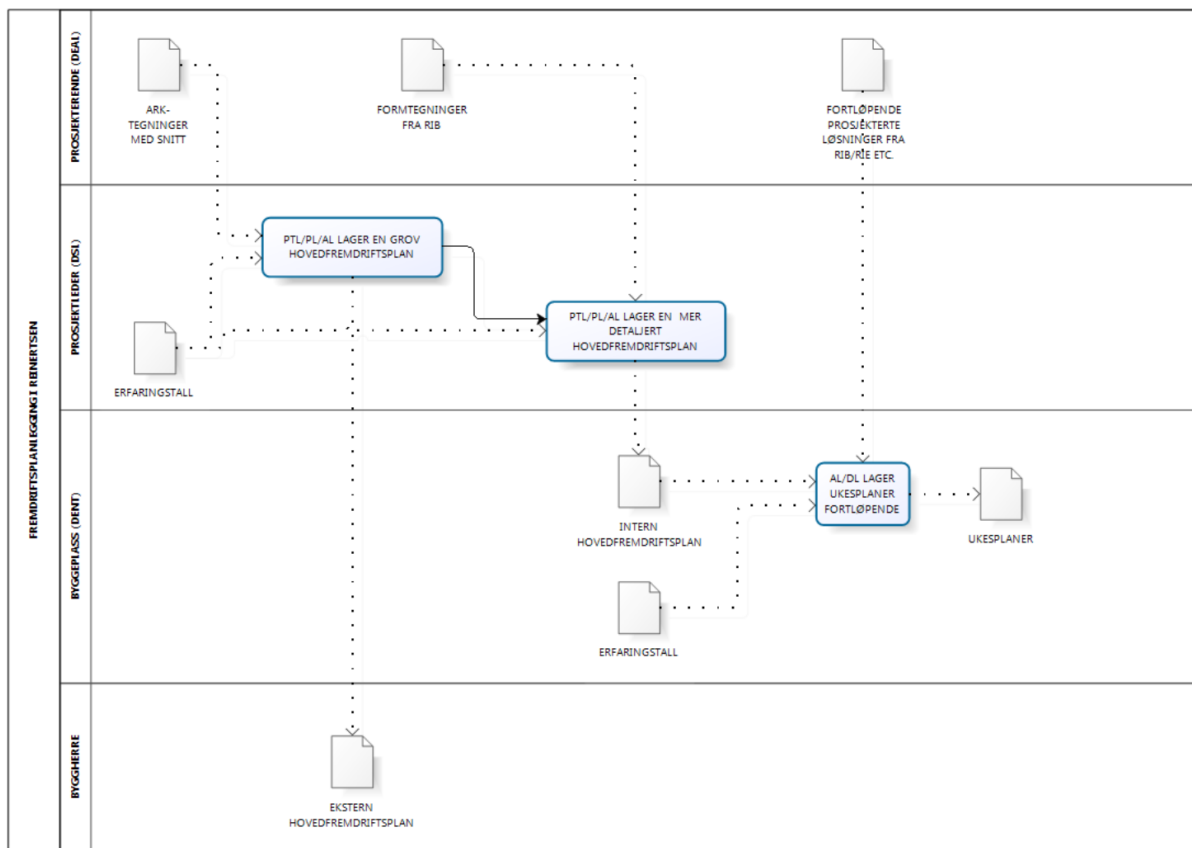
## 4.2 Dagens fremdriftsplanlegging

Fremdriftsplanleggingen i Reinertsen utføres på ulike nivåer:



**Figur 3 Fremdriftsplanleggingens oppbygging (Spannagel 2012)**

- Ekstern hovedfremdriftsplan: denne planen er rettet mot byggherren, og viser den overordnede planlagte fremdriften i prosjektet. Den eksterne hovedfremdriftsplanen er derfor lite detaljert, og inneholder kun hovedtrekkene for byggingen. Denne fremdriftsplanen blir sendt ut før prosjektet er i gang, i en tidlig fase. Planen blir laget av prosjektleder og prosjekteringsleder i DSL, i samarbeid med anleggsleder, i DENT.
- Intern hovedfremdriftsplan: den interne hovedfremdriftsplanen er mye mer detaljert enn den eksterne hovedfremdriftsplanen, og inneholder kartlagte aktiviteter, timeforbruk, ressurser og kritiske aktiviteter. Den interne hovedfremdriftsplanen blir laget av prosjektleder og prosjekteringsleder i DSL, i samarbeid med og anleggsleder, i DENT.
- Ukeplaner: disse planene lages med en varighet på 2 til 8 uker, alt etter hvor kompliserte og varierte de kommende arbeidsoppgavene er. I en tidlig fase er det for eksempel ikke nødvendig med kun en 2-ukersplan på grunn av den lave bemanningen, og de forutsigbare arbeidsoppgavene. Disse planene blir laget av anleggsleder/driftsleder av prosjektene i DENT.



**Figur 4 Eksisterende planleggingsprosess i Reinertsen (Spannagel 2012)**

Hovedfremdriftsplanene blir laget i programmet Microsoft Project, og resulterer i CPM-planlegging<sup>2</sup> med Gantt-skjemaer<sup>3</sup>. Selv om ukeplanene også kunne blitt laget i Microsoft Project, blir de laget i programmet Microsoft Office Excel. Grunnen til dette er todelt: anleggslederne/driftslederne som utformer disse planene har generelt ikke god nok kjennskap til programmet Microsoft Project, og foretrekker dermed å lage planene i Excel. Den andre grunnen er at Microsoft Project har dårlig støtte for rapportering av fremdrift, som gjør Excel til et enklere sammenligningsverktøy mellom planlagt og bygget for byggeplass.

Dagens planleggingssystem gir begrenset erfaringsdata, på grunn av at det ikke brukes noen form fremdriftsverktøy som sammenligner opprinnelig planlagt fremdrift med den faktiske fremdriften og avvik. Reinertsen har erfaring med at Microsoft Project ikke fungerer til denne funksjonen. Det gjeldende systemet gir heller ikke noen mulighet til å forklare eller supplere dokumenter med begrunnelser for avvikene (Spannagel 2012).

<sup>2</sup> CPM-planlegging. Planleggingsmetode etter kritiske aktiviteter i dimensjonen tid. Ref. side 46.

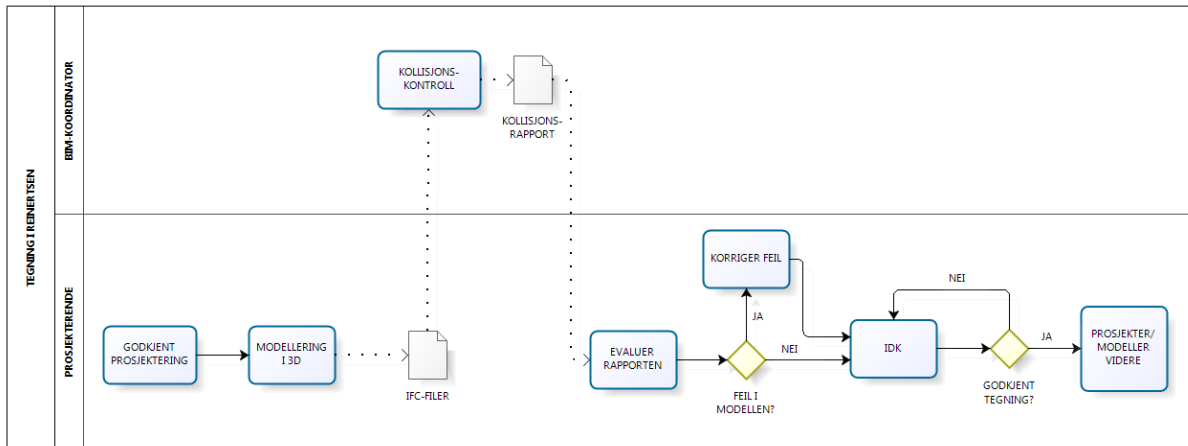
<sup>3</sup> Gantt-skjema. Planleggingsoversikt av CPM-planen vist som et liggende stolpediagram. Ref. side 46.

Hovedproblemet med det nåværende planleggingsystem, som bruker CPM og Gantt-skjemaer, er at fremdriften styres av tid/enhet, og ikke gjennom tilgjengelige ressurser. Den har også en vesentlig mangel ved at det ikke er noen kommunikasjon i mellom fremdriftsplanen og fremdriften.

Reinertsens prosjektledere er i utgangspunktet positiv til bruken av 4D BIM. De positive aspektene som spesielt blir trukket frem som med bruken av 4D BIM, er muligheter for bedre oversikt over ressursene i totalentrepriser, bedre forståelse for fremdriftsplanen på byggeplass, bedre fremdriftsrapportering og bedre erfaringsdata. Samt at man kan utnytte den 3D BIM som foregår i DEAL i dag.

### 4.3 Dagens tegning og modellering

Prosjekteringen og tegningen foregår i DEAL, i tillegg til datterselskapet tegn\_3, som består av arkitekter og landskapsarkitekter. tegn\_3 sitter i samme kontormiljøet som Reinertsen, og er dermed et del av det tverrfaglige planleggingsmiljøet i Reinertsen.



**Figur 5 Eksisterende tegningsprosess i Reinertsen (Bjoland 2012)**

Både i DEAL og tegn\_3 ligger det interne krav om at tegning skal foregå i 3D. Bruken av 3D-modellering har foregått i flere år allerede. Bruken av kollisjonssjekker gjennom programmet Solibri Model Checker er også påkrevd i en rekke prosjekter, hvor BIM-koordinatoren sammenstiller modellene til fagene, lager en kollisjonsrapport og holder et kollisjonsmøte.

Følgende programmer blir hovedsakelig brukt for BIM-modellering i DEAL og tegn\_3:

- Tekla Structures: et modelleringsprogram laget spesielt for å modellere strukturer i stål og betong, samt innfestingsdetaljer og armering.
- Revit Architecture: et modelleringsprogram brukt for arkitektonisk arbeid. Inneholder blant annet ferdig oppbygde veggelementer og interiør.
- MagiCAD: et modelleringsprogram brukt av elektro og VVS. Inneholder alt fra sikringskap til ventilasjonsdetaljer.

I tillegg blir såkalte "Viewer"-versjoner av disse programmene hyppig brukt. Dette er gratisutgaver av programmene som ikke krever lisenser. Disse Viewer-programmene er begrenset til kun å åpne og bevege seg rundt i modellen, og kan dermed benyttes av fremdriftsplanleggere, kalkulatører, byggeplass og ledelse til blant annet å kontrollere modellen, og hente mengder.

Per i dag finnes det ikke noen bestemte retningslinjer for navnsetting i modellen. Objektene gis navn av den enkelte ingeniør eller arkitekt som gir objektet navn etter hva han synes er passende. En modell kan dermed fort inneholde over 20 forskjellige typer vegg. Det Reinertsen og tegn\_3 mangler er det som kalles for et buildingSMART Data Dictionary<sup>4</sup> eller en intern navneliste som blir brukt konsekvent i alle prosjekter.

tegn\_3 har allerede laget en liste med navngitte objekter, såkalte "systemobjekter", i sitt BIM-modelleringsprogram, Revit Architecture. Denne listen inneholder alt fra vegg-typer til innretningsobjekter (Haugen 2012), og er en start på arbeidet med å lage et standardisert oppslagsverk for arkitektenes objekter, som igjen kan kobles mot BIM-kalkyler og BIM-planleggingsverktøy. Problemene med denne listen er at den er på norsk, at den ikke er offisielt påkrevd og at den ikke er laget i samråd med kalkulatører og planleggere i Reinertsen. Det nåværende biblioteket til tegn\_3 trenger også å få bygningsdelkoder og flere definerende kjennetegn for forbedre kommunikasjonen med DSL og resten av DEAL.

Bygg-avdelingen i DEAL i Trondheim har startet utformingen av en standardisert navnsetting av objekter for bygg. Denne listen er ikke komplett, og trenger også å bli utformet videre i samarbeid med bygg-, BIM-, kalkulasjon- og planleggingsavdelingen. Den må også kontrolleres mot andre fagområder for å unngå at objekter i forskjellige fag får samme koder og navn. Dette problemet er potensielt størst mellom rådgivende ingeniør bygg og arkitekt.

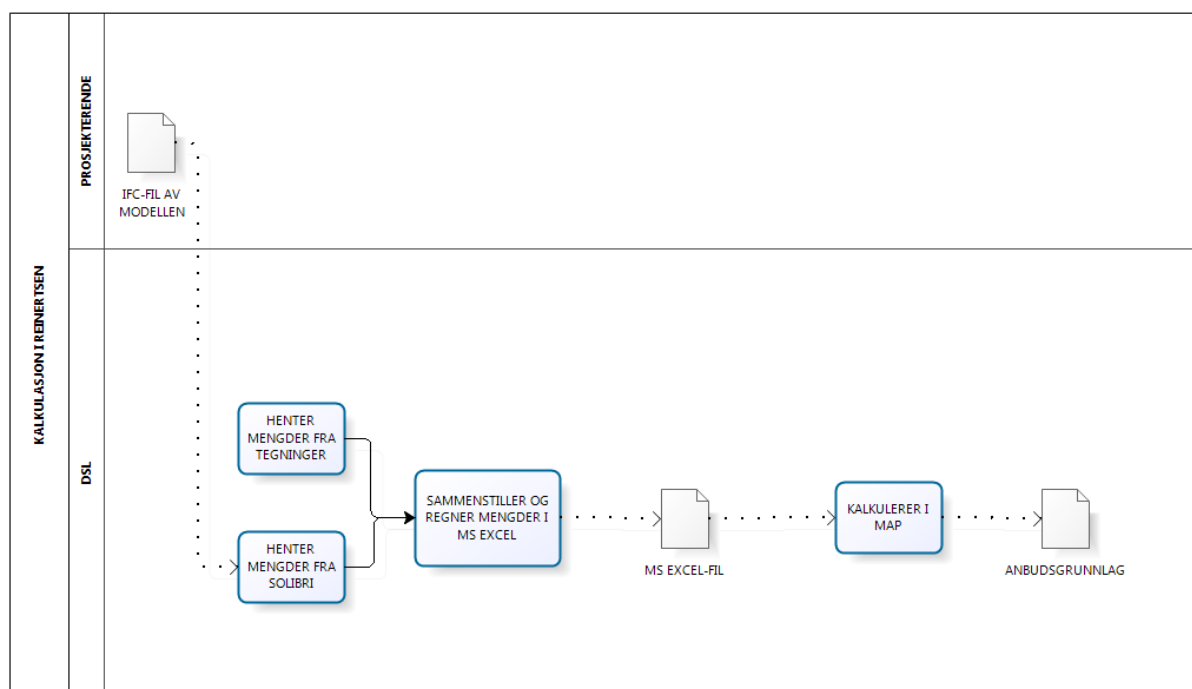
---

<sup>4</sup> buildingSMART Data Dictionary. En ordbok laget av buildingSMART for bygningsobjekter. Ref. side 36.



## 4.4 Dagens kalkulasjon

Kalkulasjon og innkjøp foregår i DSL. Per dags dato bruker DSL kalkulasjonsprogrammet MAP til kalkuleringen. MAP er et verktøy hvor man blant annet setter inn mengder og pris per mengde, hvor sluttproduktet blir en over prisen på alle prosessene i prosjektet. Dette sluttproduktet er utført i henhold til *Norsk Standard*, og anvendes dermed som prisdokumentasjon i anbud. I tillegg benyttes ofte BIM-programmet Solibri Model Checker til å hente ut mengdene fra ifc-filer<sup>5</sup> sendt fra arkitekt og DEAL, samt Microsoft Office Excel til å regne ut de totale mengdene (Galåen 2012).



**Figur 6 Eksisterende kalkuleringsprosess i Reinertsen (Galåen 2012)**

Kalkulator i DSL, Hans Gunnar Galåen (2012) sier at den største utfordringen for kalkulasjon med den eksisterende metoden er å få riktige mengder. Spesielt gjelder dette fra arkitekten i en skisseprosjektfase. Tilbudsarbeidet fra kalkyleavdelingen foregår som regel i skisseprosjektfasen hvor arkitekten i de fleste tilfeller sender ut mangelfulle modeller og tegninger. For eksempel kan layers<sup>6</sup> og søyler i modellen ofte være tegnet gjennom dekker. Det har også forekommet at glassvegger har vært modellert som transparente gipsplater, noe som gjør at glassveggene ikke finnes som glassvegger i mengdeuttaket,

<sup>5</sup> ifc-fil. Et åpent BIM filformat. Ref. side 39.

<sup>6</sup> Layers. Lagene i modellen. Et layer kan for eksempel være en etasje i et bygg.

men som gipsvegger. En slik ifc-fil blir dermed så godt som ubrukelig for kalkulatørene. Disse eksemplene viser at det kan være "farlig" å ta i bruk automatisk mengdeuttak fra BIM hvis modellen ikke er perfekt. På grunn av dårlig tegningsgrunnlag må det ofte brukes store ressurser på å prosjektere slik at underlaget for prising av betong, VA og tømmer blir riktig.

Kalkulasjonsavdelingen i Reinertsen er i utgangspunktet positiv til 5D BIM<sup>7</sup> og tror Vico kan være en god ny måte å kalkulere på, forutsatt at modellen er gjennomarbeidet. Modellen er dermed avhengig av at de prosjekterende har brukt mye tid på å lage en så feilfri modell som mulig, for å få et godt nok kalkulasjonsunderlag (Galåen 2012).

Det store problemet for en metodeendring for kalkulasjon i skisseprosjektfasen er at man i denne fasen prøver å bruke så lite ressurser som mulig, for å få en så lav total kostnad på prosjektet som mulig. I en tilbudsfasen har man dermed normalt ikke tid og ressurser til å få laget en IFC-fil som kan egne seg for 5D BIM.

---

<sup>7</sup> 5D BIM. En 3-dimensjonal BIM hvor kostnader har blitt en egen dimensjon. Ref. side 35.

## 4.5 Reinertsens BIM-plan

Bakgrunnen for Reinertsens BIM-satsing kommer av flere faktorer:

1. Krav fra byggherrer om bruk av BIM i prosjekter
2. Byggebransjen satser på BIM
3. Større visuell forståelse av 3D foran 2D, som igjen gir en bedre kvalitetssikring og Sikkerhet, Helse og Arbeidsmiljø
4. Muligheter for å skape bedre kommunikasjon mellom aktører i prosjektet gjennom bruk av 4- og 5D-programmer.
5. Mulighet for kollisjonstesting for å oppdage projekteringsfeil på et tidlig tidspunkt

De siste årene har byggherrer, og spesielt statlige og kommunale byggherrer som Statsbygg, Forsvarsbygg og Undervisningsbygg satt krav om bruk av BIM i sine prosjekter. For at tilbud i det i det hele tatt skal vurderes, må tilbyderne vise til hvordan de har tenkt å bruke BIM . Flere av disse tilbudene har en egen "BIM-karakter", som teller opp til 10% av den totale vurderingen av tilbudet. Jo bedre BIM er tenkt i prosjektet, jo høyere blir tilbudet vurdert. Denne utviklingen i markedet har ført til at Reinertsen ønsker å bli så gode som mulig på BIM, både for å kunne ha en konkurransefordel i markedet, men også for å kunne utnytte BIMs potensiale som et verktøy for kostnadsparing gjennom effektivisering. Reinertsen bruker for tiden ressurser på testing av 4- og 5D-BIM, med spesielt fokus på 4D BIM, hvor man utnytter den tredimensjonale modellen til å lage Stedsbasert planlegging ved å legge til tid som den fjerde dimensjonen (Guðmundsson 2012).

Per dags dato stilles det krav til alle prosjekterende i Reinertsen i bruk av 3D BIM. Reinertsen praktiserer også BIM-koordinering med kollisjonstesting i sine prosjekter. Utover dette stilles det ikke krav fra Reinertsens side om bruk av BIM til verken til interne eller eksterne aktører. Kravene som stilles til BIM i prosjekter utover dette kommer i så fall fra byggherren.

En av de store utfordringene og mulighetene ved implementering av BIM er å få utnyttet "seniorkunnskapen" i bedriften. Denne kunnskapen er det enkeltpersoner som sitter på i bedriften, og kan eksempelvis omfatte erfaringer med dokumentleveranser i forskjellige faser. En mulighet for å utnytte noe av denne seniorkunnskapen er å bruke den i utformingen av et BIM-dokumentleveranse system, samt ha en organisk utforming av denne planen, slik at nye erfaringer og kunnskap kan implementeres fortløpende.

Utfordringene for BIM-implementering varierer mellom divisjonene. Hos DENT er utfordringene spesielt store. Byggeplass har alltid hatt problemer med å ta i bruk ny teknologi, og interessen for å gjøre ting på en ny måte er ikke alltid like stor. Reinertsen har allerede prøvd å ta i bruk enkel BIM-teknologi på sine

byggeplasser med bruk av Viewer-programmer for IFC-filer. På denne måten kan byggeplass egentlig enkelt se hva som skal hvor, og hvordan det er tenkt utført. Problemet er at selv etter kursing i programvaren blir ikke BIM-programmene brukt, og man er tilbake til null. Den største utfordringen på DENT er derfor å skape en BIM-kultur, hvor byggeplass selv ser behovet og nytten av BIM. Resultatet av den manglende BIM-bruken på byggeplass blir at all tid og ressurser som brukes på BIM fra prosjekteringen sin side blir delvis bortkastet.

For DEAL er utfordringene mindre. DEAL har allerede gjort 3D BIM til en del av hverdagen, og det avholdes ofte kollisjonskontroller mellom de prosjekterende. Utfordringen er logistikk, samt retningslinjer for objektnavn. Som følge av manglende retningslinjer for navngivning i modelleringen, kan akkurat den samme vegg-typen ha flere navn i samme modell.

Gjennom å ha et fastsatt bibliotek kan man også gjøre koblingen mellom kalkyler og modellen lettere. I programmer som Vico vil en slik kobling mellom navn i kalkylen og navn i modellen kunne automatisere koblinger mellom kalkyle og modell i vesentlig større grad, ved at en BIM-koordinator eller kalkulatør/planlegger slipper å måtte koble alle navnene og planene sammen manuelt.

BIM-planer deles gjerne opp i kortsiktige og langsiktige planer.

Kortsiktige BIM-planer kan være at man skal lære opp en gruppe mennesker, som så skal inneha kunnskaper om BIM. Dette er en enkel måte å implementere BIM på, men kortsiktige BIM-planer som dette, har klare svakheter: man risikerer at personene man har brukt ressurser på å lære opp forsvinner fra bedriften nettopp på grunn av sin nye ekspertkompetanse, dermed mister bedriften sin BIM-kompetanse. Andre svakheter kan være at det ikke blir en BIM-kultur i bedriften, og ingen andre en de BIM-opplærte har en relasjon til BIM.

Den kortsiktige planen i Reinertsen har vært å opplære noen enkeltpersoner i BIM, og å gjøre disse til BIM-utviklere i bedriften. Disse har testet og vurdert aktuell programvare, og deretter styrt pilotprosjekter med bruk av forskjellige typer BIM, som for eksempel kollisjonskontroller i programmet Solibri Model Checker, og stedsbasert fremdriftsplanlegging i programmet Vico Office Suite. Den videre kortsiktige planen for BIM i Reinertsen er å kjøre tre prosjekter med bruk av Vico for 4- og 5D BIM.

Å lage en BIM-kultur i bedriften krever langsiktige BIM-planer. Disse langsiktige planene må inneholde prosedyrer og klare konkrete mål for å utvikle BIM-holdninger i bedriften (Hjelseth 2012). For å skape en kultur for BIM må det være klare insentiver for deltakerne til å gå over til et nytt system.

Den langsiktige BIM-planen i Reinertsen er å skape en BIM kultur, hvor de ansatte etterstreber bruken av BIM på grunn av at det er en bedre, mer effektiv og billigere måte å jobbe på (Reinertsen AS 2012g).

### 4.5.1 Reinertsen's BIM-Manual

Reinertsen og tegn\_3 laget is starten av 2012 sin første BIM-manual, og hadde sin siste revisjon den 24. februar 2012. Formålet med denne BIM-manualen skal være:

*"BIM manualen skal ligge til grunn for all BIM prosjektering i Reinertsen. Den skal gi regler og gode råd for å standardisere BIM arbeidet i organisasjonen og bidra til høy kvalitet på det som blir produsert. Etersom dette er første versjon av BIM-manualen har vi valgt å ta med en del generell informasjon om BIM, og litt mer utfyllende tekst enn det som vil være nødvendig når BIM er bedre innarbeidet som vår ordinære arbeidsmåte i alle fag og prosjekter. Manualen retter seg i første omgang fremst mot prosjektering, men vil også være relevant for entreprenør ved bruk av BIM i utførelsesfasen. Etter hvert som Reinertsen vinner erfaring med dette vil manualen bli utviklet til også å dekke bruk av BIM ved kalkyle, produksjonsplanlegging, innkjøp, utførelse på byggeplassen etc.*

*Manualen behandler forhold som er avgjørende for å få 3D-modeller fra de ulike fagene til å spille sammen i en BIM. Dette innebærer at krav gitt i BIM-manualen skal legges til grunn for fagenes DAK-manualer, som mer i detalj gir regler og anvisninger for prosjektering i egen disiplin. Her kan man gå mer i dybden på det modelleringstekniske som gjelder hvert fag*

*Manualen skal favne alle fag. Det vil derfor være ulikt hva som er interessant for de ulike brukerne, som i tillegg kan ha forskjellig erfaring med BIM fra tidligere. For å få en helhetlig forståelse av BIM bør man ved første gangs bruk av manualen går gjennom hele teksten. Deretter kan man fordype seg i de punkter som er viktige for egen disiplin.*

*BIM-manualen behandler i utgangspunktet kun emner knyttet til BIM for bygninger. En tilsvarende manual for infrastruktur-prosjekter er under utarbeidelse. Denne ventes også å kunne brukes for utomhusarbeider i byggeprosjekter.*

*Manualen er ikke skrevet som et juridisk dokument med entydige formuleringer og definisjoner og kan ikke brukes alene som et kravdokument i et prosjekt. Deler av den kan hentes ut og benyttes, men må suppleres med leveranseplan for prosjektet." (Reinertsen AS & tegn 3 2012)*

BIM-manualen av desember 2012 er en generell innføring i 3D BIM, hvor følgende punkter forklares:

1. BIM generelt, samt definisjoner

2. Overordnede krav til blant annet filformat, navnsetting av filer, 0-punkt, akseneff og lag med mer.
3. Praktisk BIM-modellering, en innføring i BIM-verktøy i Reinertsen og hvordan disse skal brukes i forhold til BIM-modellering.
4. BIM-prosessen i Reinertsen, med ansvarsfordeling, utvekslingsrutiner, informasjon om BIM-møter og revisjonshåndtering.
5. Kontroll av modell, med blant annet prosess for kollisjonstesting og interdisiplinkontroller.
6. Sjekklistene for BIM-møter, god modelleringspraksis og kontroll av modell.

BIM-manualen inneholder også vedlegg med eksempler på kollisjonslogger, sjekklistene for Intern Disiplin Kontroll og BIM-koordineringsnotat for prosjekt.

Reinertsen har en organisk tilnærming til BIM-manualen, det vil si at de ønsker at den skal være et dokument som kompletteres etterhvert som folk får bedre kjennskap til programvare, og ikke minst erfaringer med BIM. 4- og 5D BIM inngår ikke nå i Reinertsens BIM-manual på grunn av manglende erfaringer med 4- og 5D BIM ved den forrige revisjonen av BIM-manualen.

### 4.5.2 Dagens BIM-koordinering

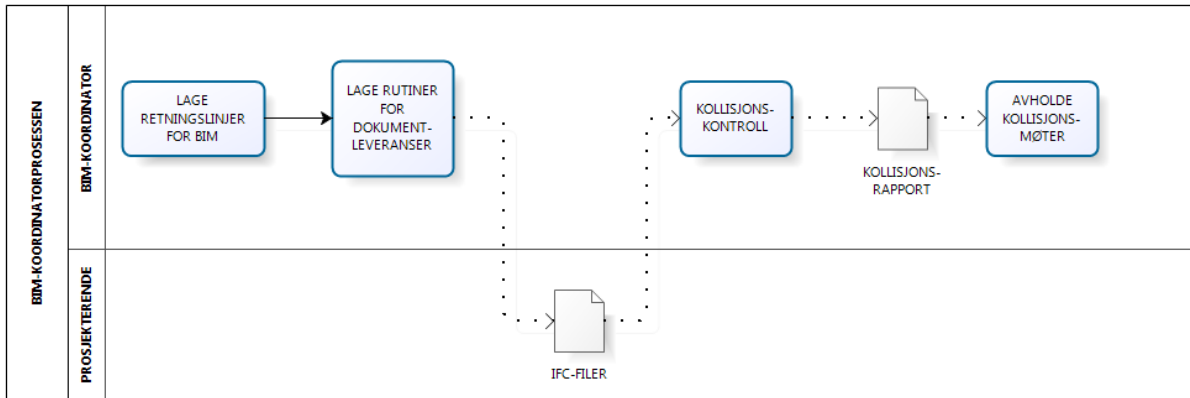
Alle prosjekter i Reinertsen skal ha en BIM-koordinator. I større prosjekter skal dette være en egen person som kun har denne funksjonen. I mindre prosjekter kan denne rollen også dekket av prosjekteringsgruppeleder, disiplinleder arkitekt eller disiplinleder rådgivende ingeniør bygg.

BIM-koordinatorer i Reinertsen har følgende oppgaver:

1. Bistå Prosjektleder/Prosjekteringsgruppeleder, byggherre og fagdisipliner med å avklare hvilke krav som stilles til BIM-leveransene i de ulike fasene
2. Bistå Prosjekteringsgruppeleder og disiplinledere med å avklare grensesnitt i modell
3. Forberede og lede BIM-møter, samordnet med Prosjekteringsgruppeleder
4. Tilrettelegge og lede Intern Disiplin Kontroll-møter i samarbeid med Prosjekteringsgruppeleder
5. Ha kontroll på koordinater og origo
6. Sette opp utvekslingsrutiner og sørge for at disse følges opp
7. Sette opp hvilke formater som skal leveres. IFC, dwg, med mer.
8. Kontrollere at fagmodellene som leveres holder tilfredsstillende nivå
9. Sette sammen fagmodeller i Solibri eller tilsvarende viewer/checker programvare
10. Kjøre kollisjonstester og eventuelt andre tester i Solibri eller liknende
11. Gå igjennom revisjonsnotatene fra de ulike fagdisiplinene
12. Navigere i modellen i møter og evt føre referat fra BIM møter. Gjerne direkte i viewer/checker program.

3D BIM-koordineringen i Reinertsen foregår ved at BIM-utviklere og BIM-koordinatorer samler inn modellene fra arkitekter, bygg-ingeniører, landskapsarkitekter og tekniske fag, og deretter sammenstiller disse i programmet Solibri Model Checker.





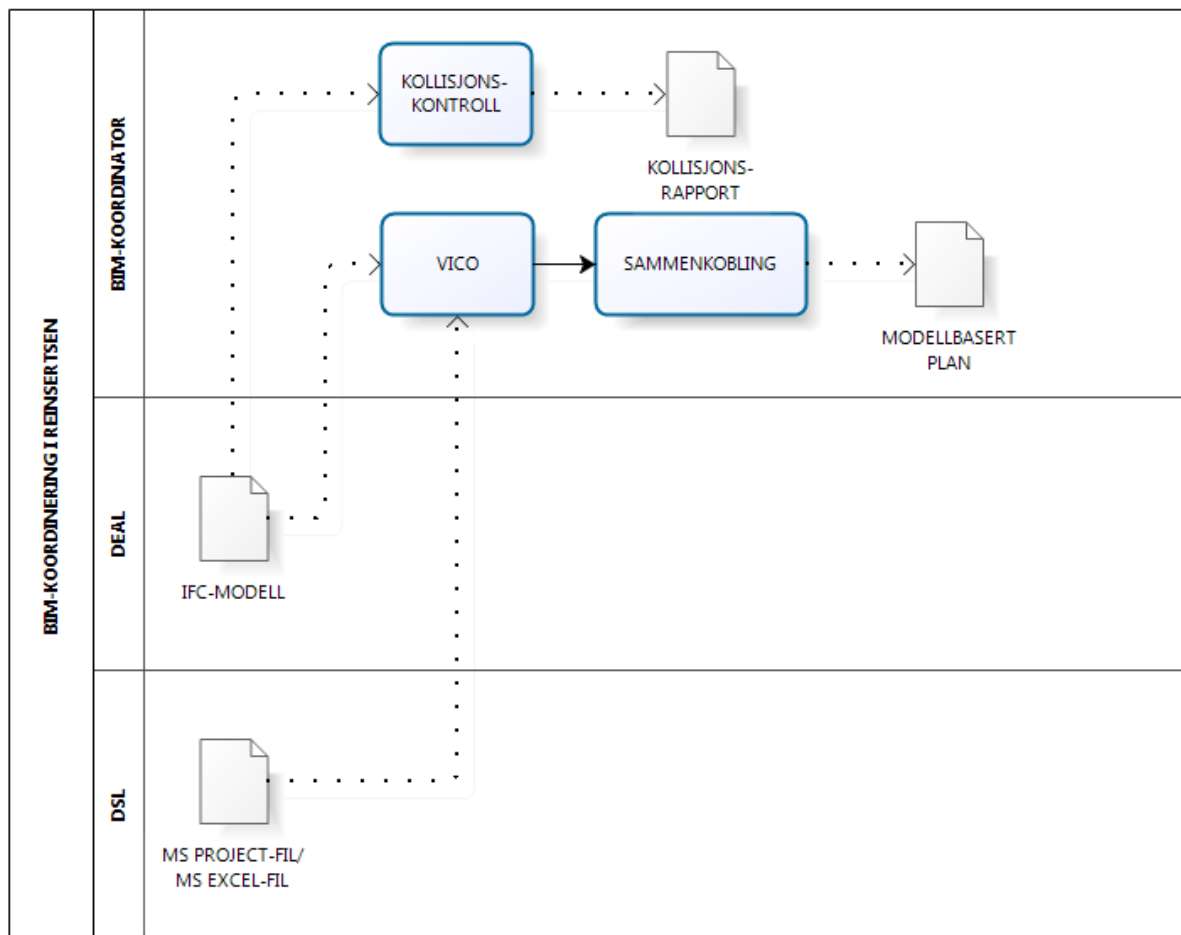
**Figur 7 Eksisterende 3D BIM-koordinering i Reinertsen (Guðmundsson 2012)**

Solibri Model Checker er et program som sammenstiller eksporterte filer fra noen modelleringsprogrammer som Tekla og Revit, samt IFC-filer, og kjører kollisjonskontroller mellom modellene. Disse kollisjonskontrollene viser om det har blitt modellert kolliderende objekter både innen den enkelte disiplin, og i mellom disipliner. For eksempel kan VVS prosjektert rørene gjennom en bærende vegg, eller at rådgivende ingeniør bygg-modellen ikke samstemmer med arkitektens modell.

## 4.6 BIM i totalentreprisen Kværnerbyen

I pilotprosjektet for 4- og 5D, "Kværnerbyen E3", er BIM-koordinatorens rolle å sette sammen modeller med eksisterende kalkulasjoner og fremdriftsplaner i programmet Vico Office Suite, i tillegg til kollisjonskontroller i Solibri. BIM-koordinatorer har satt sammen fremdriftsplanleggerenes filer fra Microsoft Project med modellen fra de prosjekterende, og delt opp bygget i soner i henhold til fremgangsmetodene for stedsbasert planlegging (LBS<sup>8</sup>).

BIM-koordinatoren har vært prøvekanin for programvaren, og har derfor gjort jobben til kalkulatør og planleggere, ved å sammenkoble modellen med eksisterende fremdriftsplaner laget i Microsoft Project og kalkulasjoner i Microsoft Excel og MAP.



**Figur 8 BIM-koordineringsprosessen i Kværnerbyen (Guðmundsson 2012)**

<sup>8</sup> LBS. LBS/stedsbasert planlegging er en metode for fremdriftsplanlegging. Ref. side 51.

For totalentreprisen Kværnerbyen E3 har Reinertsen satt følgende mål og ambisjoner for BIM:

*" Overordnet mål: DEALs BIM-prosjektering skal tilrettelegge for effektiv produksjon.*

*Det bør avklares om man i prosjektet skal søke å utvikle standardløsninger for utvalgte deler av bygget (yttervegger, tak, etc).*

### *Prosjektering:*

#### *Mål:*

*BIM skal bidra til:*

- 1. Effektiv kommunikasjon og god informasjonsflyt internt i prosjekteringsgruppen og med utførelsessiden*
- 2. Effektiv arbeidsprosess i forhold til fremdrift og DSLs behov på ulike tidspunkter i produksjonen*
- 3. Minimering av feil/kollisjoner*
- 4. Erfaring med bruk av BIM manualen, og forbedringer i denne.*

#### *Metode:*

- 1. BIM-koordinering og Intern Disiplin Kontroll som beskrevet i BIM-manualen, dvs. regelmessige arbeidsmøter med BIM (sammensatt av fagmodellene i 3D) som plattform (ukentlige møter i startfasen - færre etter hvert). Dette sikrer tverrfaglig prosjektering av konkrete løsninger i selve møtet, fokus på kollisjoner og feil som oppdages, og aksjonslister på basis av dette. Dermed unngås de vanlige frem og tilbake e-poster vedr. referansefiler og Intern Disiplin Kontroll mellom disipliner.*
- 2. BIM-koordinator kaller inn til BIM-møtene. Før møtet innhenter BIM-koordinator fagmodellene fra disiplinene, setter dem sammen og gjennomfører kollisjonstester og regelsjekker.*
- 3. Alle forslag til forbedringer vedrørende BIM manualen skal noteres av BIM koordinator gjennom prosjektet.*

### *Produksjonsplanlegging:*

#### *Mål:*

1. *Realistisk og optimalisert produksjonsplan på basis av BIM, for å oppnå en plassbasert plan for effektiv gjennomføring av produksjonen (mindre tidsbruk/bedre ressursflyt). Vico Software vil bli brukt.*

#### *Metode:*

1. *Samarbeid mellom DSL, DEAL og Vico for å sikre at BIM har det informasjonsinnhold som kreves for god produksjonsplanlegging med bruk av Vico, til avtalt tid. Starte planleggingsprosessen tidlig og bruke solid grunnlag (erfaringstall for produksjon, modell og erfaring fra Prosjektleder + Anleggsleder).*
2. *Aktiv oppdatering og oppfølging av planen med støtte fra Vico. Fokus på byggetid og aktiv bruk av planen.*
3. *Kurs i programvaren og så intern støtte fra BIM-Utvikler i Reinertsen, Johann Ørn Gudmundsson.*

### *BIM på byggeplass:*

#### *Mål:*

1. *Bruk av BIM på byggeplass – visualisering for å øke forståelse, og som informasjonsbrønn*
2. *Aktiv bruk av produksjonsplanen i utførelsesplanleggingen på byggeplassen*

#### *Metode:*

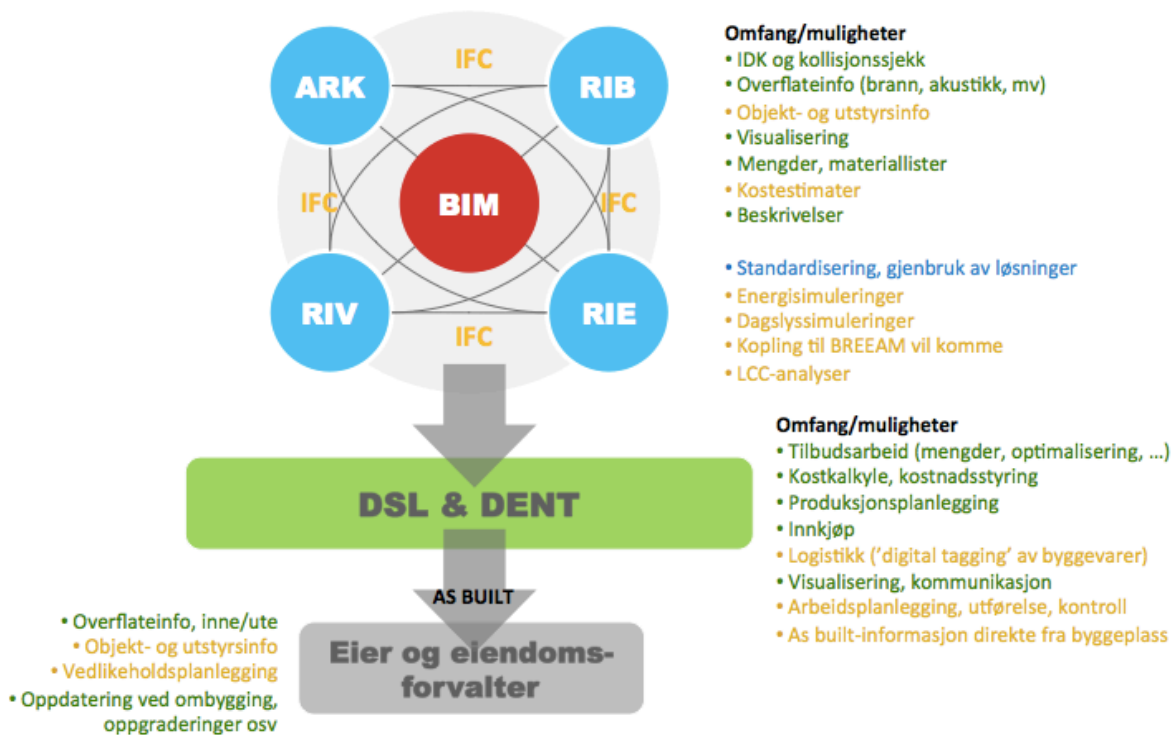
1. *Opplæring av anleggsfolk" (Reinertsen AS 2012e)*

Målene for bruken av BIM i Kværnerbyen viser at Reinertsen satset på bruken av 4D BIM i prosjektet, gjennom mål om produksjonsplanlegging ut i fra modellen ved hjelp av Vico. Planen viser også at de satser videre på bruken av 3D BIM modellering med kollisjonskontroller mellom de prosjekterende.

Reinertsen velger primært å ha en kortsiktig tilnærming på Kværnerbyen, og kjører dette prosjektet som et av pilotprosjektene for 4D BIM ved hjelp av Vico. Disse kortsiktige planene kommer tydelig til syne gjennom at metodene for implementeringen vil være opplæring av ansatte, både hos DEAL, DENT og DSL.

Man kan derimot også se tegn til langsiktig BIM-planlegging ved at prosjekteringen skal benytte seg av Reinertsens BIM-manual, og at det er et ønske om at denne skal utvides og forbedres gjennom Kværnerbyen-prosjektet.

Reinertsen har også laget en oversikt over hvilke muligheter i BIM som ligger i dagen (grønn skrift), hva som kommer (gul skrift), og hva som er en forretningsmessig mulighet (blå skrift):



**Figur 9 Reinertsens vurdering av BIM i Kværnerbyen (Reinertsen AS 2012e)**

Denne oversikten viser at teknologien allerede ligger til rette for bruk av 5D BIM i Kværnerbyen, i form av 4- og 5D BIM-programmet Vico Office Suite. Reinertsen har derimot valgt å teste kun en dimensjon av gangen, og endret Kværnerbyen E3 fra et 4- og 5D BIM-pilotprosjekt, til et 4D-prosjekt. Det er spesielt koblingen mellom objekter i modellen og kalkylene/fremdriftsplanen som har vært utfordrende av flere grunner: mangel på erfaring med importering og eksportering til og fra programmene MAP, MS Project og Vico Office Suite, feil i modellene fra DEAL og uoverensstemmelser mellom navnsetting på objekter hos planlegger/kalkulatører og prosjekterende. Det største problemet av disse har vært nettopp mangelen på en standardisert

navnsetting av objekter i modellen, som korresponderer med navnsettingen på objekter i kalkylen og i fremdriftsplanleggingen.

Ved å kjøre bare 4D på Kværnerbyen blir det også lettere å se effektene av 4D. Man slipper også at man implementerer begge delene halvveis, og dermed potensielt får dårlig erfaring med bruk av 4- og 5D BIM. Reinertsen vurderer fortløpende etter erfaringen med 4D i Kværnerbyen, en implementering av 5D i senere 4- og 5D-prosjekter som totalentreprisene "Hundsund" og "Konowsgate" (Guðmundsson 2012).

## 4.7 Erfaringer med 4- og 5D BIM hos andre aktører

Det faktum at konkurrenter har hatt god erfaring med 4- og 5D BIM har vært en pådriver for Reinertsens satsning.

På Vicos seminar om 4- og 5D BIM i Stockholm (Vico Software 2012c) fortalte flere svenske entreprenører om sine erfaringer med 4- og 5D BIM. Dette seminaret var riktignok arrangert av Vico Software, som selger 4- og 5D Software, som Vico Office Suite, så foredragene kan ikke garanteres å ha vært objektive, men erfaringen fra de svenske entreprenørene var utelukkende positiv.

Foredragsholderne fra PEAB Sverige og Veidekke Sverige trakk en parallell mellom overgang til 4- og 5D tegning/modellering og overgangen fra tegning på papir til DAK. "4- og 5D er kommet for å bli, og det er ikke et spørsmål om man har råd til å ta det i bruk, men om man om man har råd til å ikke ta det i bruk" (Vico Software 2012c). De mente videre at overgangen til 4- og 5D BIM, er en endring av arbeidsmetoder.

Veidekke Sverige har allerede erfart at et forprosjekt kan ta kun tre arbeidsdager gjennom erfaren bruk av 4- og 5D BIM, gjennom verktøyet Vico, til sammenligning med ti arbeidsdager på tradisjonelt vis (Vico Software 2012c). PEAB hadde også hatt suksess med å bruke 4- og 5D BIM gjennom Vico, med alt fra enorme prosjekter som Sveriges nye nasjonalstadion ned til små enkle prosjekter som en balkongutbygging. "Når man først kommer over den fartsdumpen, som er å lære seg denne nye metoden å planlegge og kalkulere på, er det ingen tvil om at 4- og 5D BIM er den beste måten å planlegge og kalkulere på, både for kvalitetssikting og ressursbruk" (Vico Software 2012c).

Både PEAB og Veidekke var tilbakeholdne med å utbrodere sine arbeidsmetoder i bruken av 4- og 5D BIM, av frykt for å røpe sitt konkurransefortrinn. Veidekke kunne fortelle at de bruker en BIM-metode, som heter VDC. VDC står for "Virtual Design and Construction", og er en arbeidsmåte som er en blanding av sosialt og teknologisk planlegging utviklet av Stanford University (Kuntz & Fischer 2012).

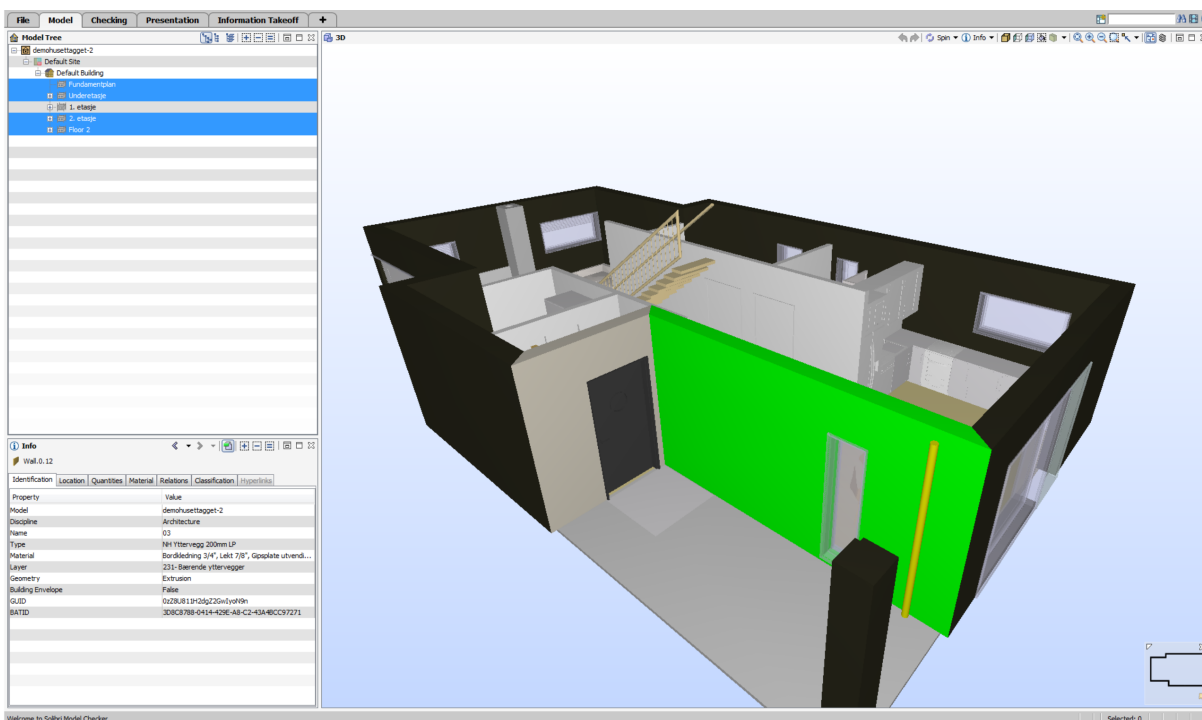
Andre prosjekter som har brukt 4- og 5D BIM kan vise til besparelser i tidsbruk og kostnader. Blant disse, byggingen av Marieholmsbron i Gøteborg, som brukte 10% kortere tid på bygging ved hjelp av 4D-BIM (Guðmundsson & Sigurðsson 2010), og byggingen av en 21 etasjes boligblokk i Finland, hvor Skanska Finland reduserte byggetiden per etasje med 20% takket være bruken av 4D BIM (Blom 2011).

## 5. TEORI

Teorikapittelet er inndelt i to hoveddeler: BIM og Prosjektstyring.

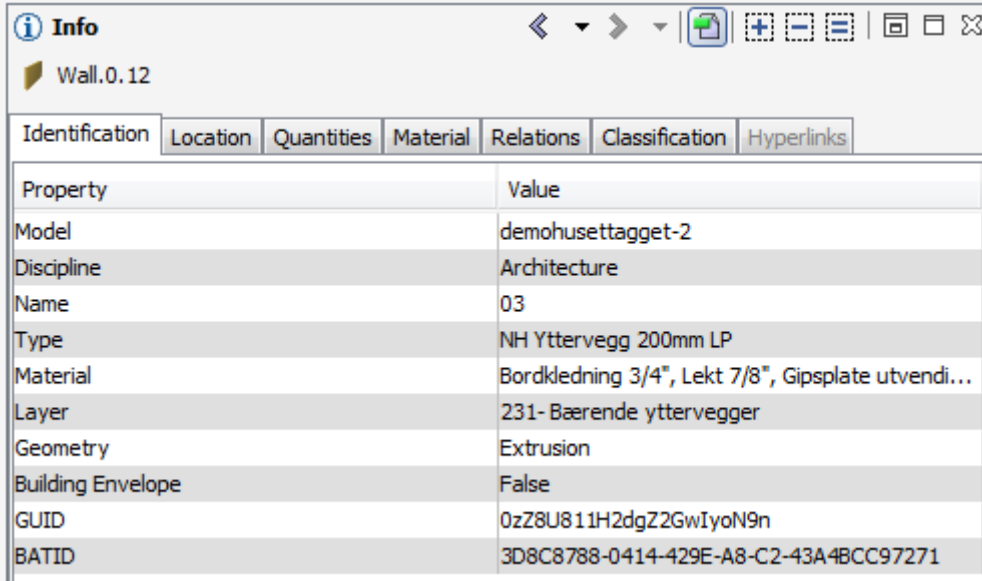
### 5.1 BIM

BIM er en forkortelse for bygningsinformasjonsmodell, men når man snakker om produktet og bygningsinformasjonsmodellering snakker man om prosessen (Statsbygg). En bygningsinformasjonsmodell er en tredimensjonal modell, hvor elementene i modellen opprettes som objekter. Disse objektene tildeles egenskaper og relasjoner.



**Figur 10** Skjermdump fra Solibri med BIM-modellen





Property	Value
Model	demohusettagget-2
Discipline	Architecture
Name	03
Type	NH Yttervegg 200mm LP
Material	Bordkledning 3/4", Lekt 7/8", Gipsplate utvendi...
Layer	231- Bærende yttervegger
Geometry	Extrusion
Building Envelope	False
GUID	0zZ8U811H2dgZ2GwIyoN9n
BATID	3D8C8788-0414-429E-A8-C2-43A4BCC97271

**Figur 11 Informasjonspanelet i Solibri forstørret**

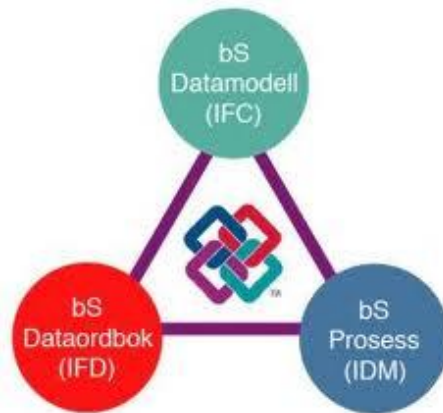
BIM kan defineres som:

*"En modell med informasjon om en bygning(eller bygningsprosjekt) som omfatter fullstendig og tilstrekkelig informasjon til å støtte alle livssyklusprosesser, og som kan tolkes direkte av dataprogrammer. Modellen inneholder informasjon om selve bygningen samt dets komponenter og omfatter informasjon om egenskapene sånn som funksjon, form, materialer og prosesser for byggets livssyklus." (Einejord & Larsen 2012)*

Objektene kan også inneholde dokumentasjon om forvaltning, drift og vedlikehold av bygget, noe som gjør modellen nyttig selv etter det er ferdig bygget.

Bruken av BIM i mange norske bedrifter, som Reinertsen, i dag er som regel begrenset til å være en 3D-modell med informasjon, hvor informasjonen i liten grad utnyttes til sitt fulle potensiale. Reinertsen bruker i dag også sine 3D-modeller til kollisjonskontroller gjennom programmet Solibri Model Checker, hvor alle disipliner sender sine 3D modeller i det åpne filformatet IFC. Disse IFC-filene blir deretter satt sammen av Solibri Model Checker, og man kan sjekke om det er noen uoverensstemmelser mellom modellene til de forskjellige disipliner gjennom å enten bruke ferdiglagde regelsett, eller ved å lage sine egne regelsett. Disse regelsettene kan inneholde krav fra Norsk Standard, og intern erfaringsdata fra håndverkere. Kontrollen kan resultere i vesentlige besparelser (Reinertsen AS 2012g).

### 5.1.1 buildingSMART



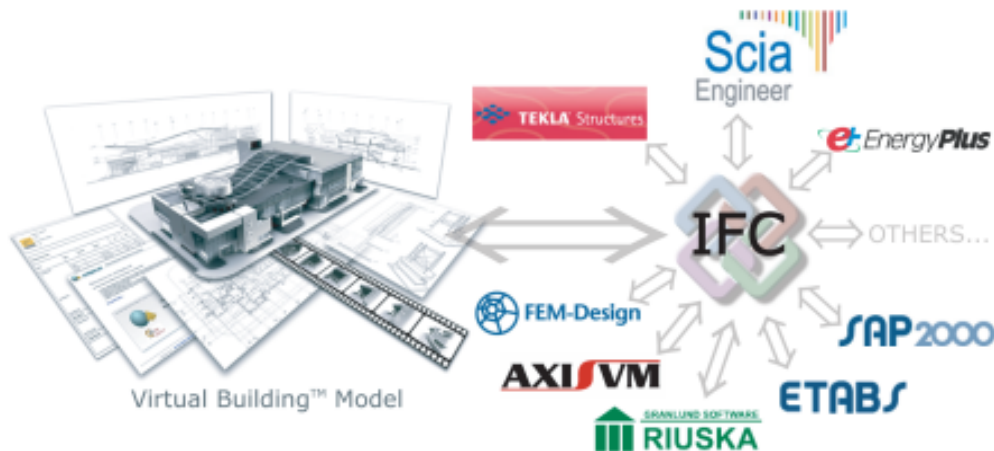
**Figur 12** åpenBIM-trekanten (buildingSMART 2012e)

“For at BIM skal være effektivt er det viktig at man deler informasjon med andre aktører i bransjen. Enten må alle jobbe i det samme systemet – med de begrensningene det gir på tvers av fagområdene – eller så må man dele BIM gjennom et åpent standardisert filformat, som IFC, som beskrives gjennom buildingSMART. Programvarer som er sertifisert for utveksling av BIM på filformat som IFC gir åpen BIM.

buildingSMART utvikler og vedlikeholder standarder for digitalisering av byggenæringen på åpne formater og har tre internasjonale standarder som beskriver og støtter byggeprosjekter. Disse er av vesentlig betydning for å klare å bruke åpen BIM i praksis og er visualisert i åpen BIM-trekanten” (buildingSMART 2012e).

Disse standardene vil bli behandlet nærmere i denne oppgaven.

### 5.1.2 buildingSMART Data Modell (IFC)



**Figur 13 IFC-formatet (Graphisoft 2012)**

buildingSMART Data Modell, tidligere kjent som IFC, er en internasjonal standard for åpen og nøytral BIM, og er registrert hos den Internasjonale Standardiseringsorganisasjonen. IFC-spesifikasjonen er utviklet og vedlikeholdt av "buildingSMART International" (buildingSMART 2011).

Selv om buildingSMART nylig endret navnet fra Industry Foundation Classes (IFC) til buildingSMART Data Modell, vil denne oppgaven bruke benevnelsen IFC, på grunn av at buildingSMART Data Model-filene har formatet \*.ifc.

IFC-formatet er objektbasert, og for å gi en best mulig interoperabilitet har buildingSMART samarbeidet med en rekke ulike aktører i byggebransjen. Formålet med IFC er å gjøre utveksling av deling av BIM-data mellom forskjellige programvareutviklere mulig. IFC-formatet har blitt utviklet siden 2005, og det siste formatet heter IFC2x4 (også kjent som IFC4) (Hjelseth 2012).

#### 5.1.2.1 Problemer med IFC i Reinertsen

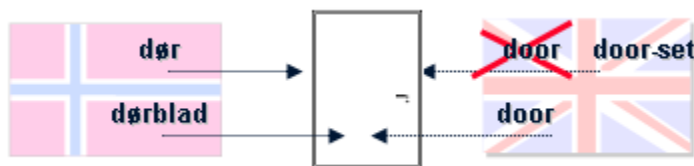
I Reinertsen har man god erfaring med IFC-formatet, både ved import og eksport fra Reinertsens BIM-programmer, det eneste problemet har vært med har hatt er importen av IFC-filer til Revit. Problemet har vært at filen "skjærer seg helt", og at blant annet søyler hopper opp til feil koter og objekter i modellen forsvinner (Reinertsen AS 2012g).

### 5.1.3 buildingSMART Dataordbok

buildingSMART Dataordbok (tidligere kjent som International Framework For Dictionaries(IFD)) er en felles begrepsstandard for BIM, som kan sees på som en internasjonal ordbok for bygningsobjekter (buildingSMART 2012f).

BuildingSMART Dataordbok bringer sammen ulike sett med data og samler det i en katalog. Denne ordboken inneholder også informasjon om produktene fra produsenten, med kostnadsdata og miljødata. buildingSMART Dataordbok takler også forskjellige språk (buildingSMART 2012f).

buildingSMART Dataordbok kan forklares som et oversettelsesverktøy mellom forskjellige språk, laget for å sikre at de samme egenskapene hos et objekt på forskjellige språk. Et klassisk eksempel på misforståelser ved kommunikasjon mellom BIM i forskjellige språk er objektet "dør". I Norge mener man med objektet "dør" dørbredden inkludert dørkarmen, mens man i England bare referer til dørbladet i det engelske ordet "door", dette kan medføre problemer hvis det ikke har blitt tatt hensyn til bredden av dørkarmene ved innsetting av en dør i en betongvegg."



**Figur 14 Behovet for buildingSMART Dataordbok (buildingSMART)**

I denne oppgaven blir det diskutert et bibliotek for felles objektnavn for objekter modellert i Reinertsen. Dette biblioteket kan på noen måter sammenlignes med buildingSMART Dataordbok, men det må ikke forveksles, siden Reinertsens bibliotek er internt, og ikke tilknyttet buildingSMART Dataordbok. Formålet med dette interne biblioteket er å skape en bedre kommunikasjon mellom Reinertsens divisjoner.

### 5.1.4 buildingSMART Prosess

buildingSMART Prosess, tidligere kjent som "Information Delivery Manual", er en standardisert prosess og leveransespesifikasjon som beskriver aktører, prosedyrer og krav til leveranser i prosjekter. Disse beskrivelsene er viktig for å få alle fag i et prosjekt til å jobbe effektivt sammen. Standardiserte prosessbeskrivelser definerer ytelsene fram til, og grensesnittet mellom aktørene i prosjektene (buildingSMART 2012d).

Oppbyggingen av buildingSMART Prosess består av tre hoveddeler:

- Prosesskart
- Utvekslingskrav
- Funksjonsdel

Prosesskartet er et kart som viser prosessene for planlegging og dokumentleveranser. Dette prosesskartet viser tydelig hvem som har ansvar for hva, og gir en enkel oversikt over hele prosessen, noe som gjør at aktørene i prosjektet jobber mer effektivt, og man er hele veien klar over sin rolle i prosjektet (Karlshøj 2011).

Utvekslingskravene er en ikke-teknisk beskrivelse av den informasjonen som må være tilgjengelig i BIM for å kunne gjennomføre en modellbasert-prosess med fremdriftsplanlegging og dokumentleveranse (Ramstad 2011).

Funksjonsdelen er et programmeringsspråk knyttet til et IFC-skjema som beskriver de tekniske utvekslingskravene (Ramstad 2011). Dette skjemaet viser hvor compatible BIM-programmene i bedriften er med de gjeldende IFC-standardene, og er en veldig IT-teknisk problemstilling.

buildingSMART Norge Prosess (bSNP) har utviklet flere leveransebeskrivelser for prosess. De som er benyttet i denne oppgaven er:

- "bSNP : åpenBIM datautvekslingskrav" (buildingSMART 2012g)
- "bSNP 3: "Bruk av BIM til kollisjonskontroll" (buildingSMART 2012a)
- "bSNP 4: "Bruk av BIM i kostnadskalkyle" (buildingSMART 2012b)
- "bSNP 5: "Bruk av BIM til fremdrift og ressursstyring (4D)" (buildingSMART 2012c)

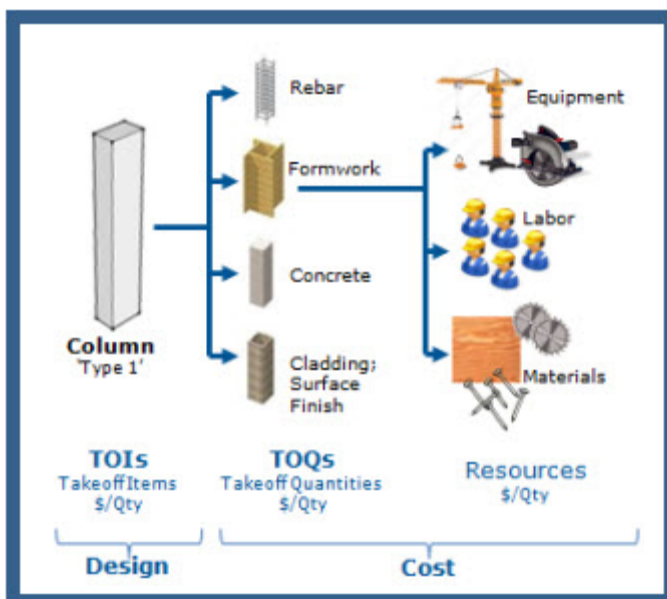
### 5.1.5 BIM i 4- og 5D

Med utgangspunkt i den tredimensjonale BIM'en kan man med 4- og 5D BIM-programmer bruke informasjonen til mer enn bare en visuell opplevelse og informasjonsbank. Bygningsinformasjonsmodellering i 4- og 5 dimensjoner betyr at modellen blir tillagt nye dimensjoner i form av tid og kostnader.

Hva denne fjerde dimensjonen er varierer med bruker og hvordan den brukes: den kan være eksempelvis HMS, tid eller kostnader. I BIM-verktøyet Vico Office Suite betraktes *kostnader* som den fjerde dimensjonen (Figur 15), og *tid* som den femte dimensjonen (Figur 16).

Vico Office Suite henter ut informasjonen fra 3D-modellen som mengder. Mengdene gir muligheter til å estimere kostnader og planlegge fremdrift. BIM kan dermed brukes til modellbasert planlegging og modellbasert estimering.

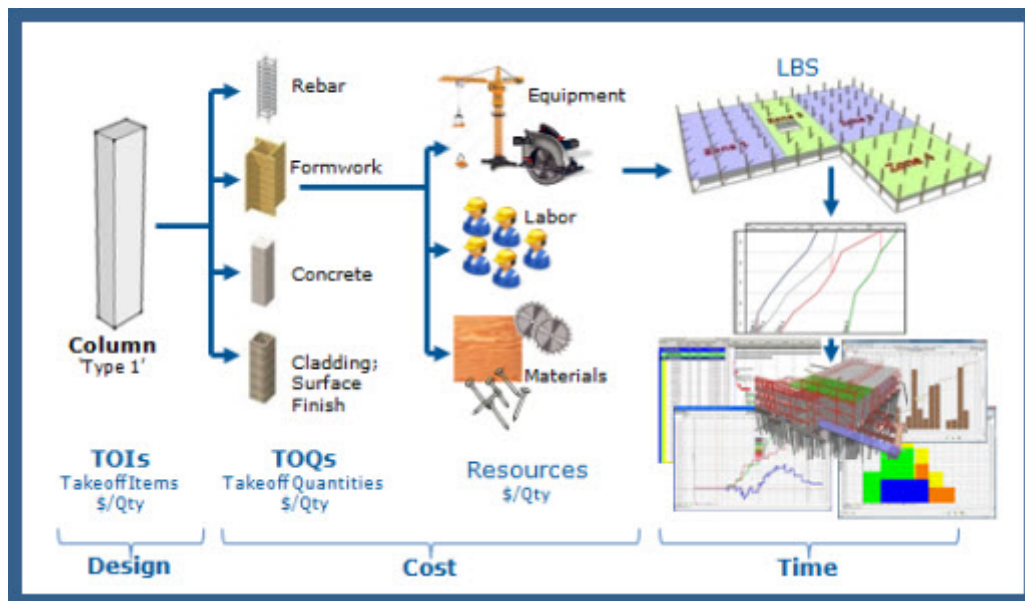
I praksis vil 4- og 5-dimensjonal modellering i et 4- og 5D-program som Vico Office Suite kunne virke som følgende:



**Figur 15 BIM i 4 dimensjoner (Vico Software 2012d)**

Den tredimensjonale modellen hentes inn enten som en IFC-fil eller direkte fra et Vico-kompatibelt program, som Tekla Structures. Ved å ta ut mengdene i modellen kan programmet gi et tall på hvor store kostnadene ved å bygge de forskjellige elementene er. Vico Office Suite krever at brukeren allerede har satt inn kostnadsparametere.

Etter hvert som endringer kommer i den importerte modellen underveis i planleggingen av prosjektet, vil kostnadene endre seg, og man kan tydelig se kostnadene for endringene man foretar i prosjekteringen.



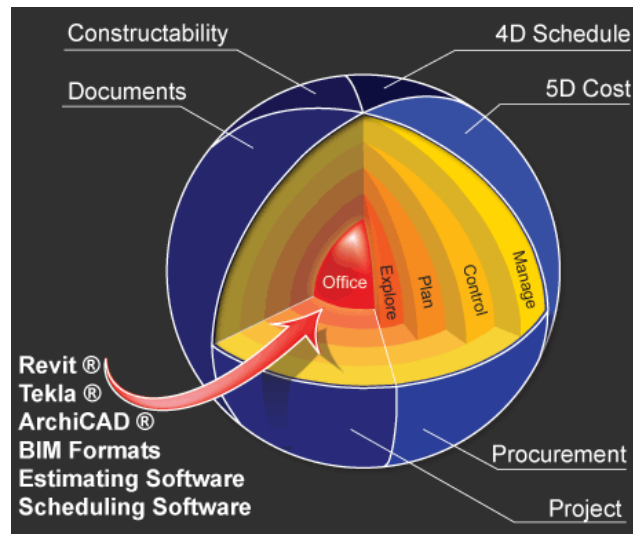
**Figur 16 BIM i 5 dimensjoner (Vico Software 2012d)**

Sammen med den importerte 3-dimensjonale modellen kan man også importere fremdriftsplanene til prosjektet fra programmer som Microsoft Office Excel og Microsoft Project. Kombinasjonen av fremdriftsplanen og modellen muliggjør modellbasert planlegging. Denne typen planlegging har flere navn: "Location Based Scheduling" (LBS), "Modellbasert Styringsystem" og "Skråstrekkplanlegging". Denne typen planlegging er av enkelte foretrukket fremfor mer tradisjonelle planleggingsystemer som Gantt-diagrammer, på grunn av muligheten til å se aktivitetene i geografiske områder.

Gjennom bruken av 4- og 5D-programmer som Vico Office Suite har man også muligheten til å se effekten av å sette inn flere arbeidere på en oppgave i forhold til fremdrift, og man kan lettere unngå kollisjoner i arbeidsoppgaver (Guðmundsson 2012). Erfaringer fra andre prosjekter i bransjen har vist at denne typen planlegging kan spare prosjekter for flere millioner kroner, gjennom blant annet tidsbesparelser som man oppdager ved å bruke skråstrekkplanlegging.

Et biprodukt av 4- og 5D BIM er at programmer som Vico Office Suite enkelt kan lage en visualiseringsvideo av byggeprosessen ut i fra den informasjonen man allerede har puttet inn for å planlegge byggingen. Denne videoen kan være et nyttig virkemiddel både for planleggere og byggeplass: byggeplass kan enkelt se visuelt hvilke aktiviteter som skal gjøres når, og i hvilken rekkefølge elementene skal inn i bygget. Det fungerer også som en enkel egenkontroll for planleggere ved å kontrollere at det blir bygget slik som det var tenkt, og at det ikke er noen store feil i planleggingen.

### 5.1.5 Vico Software



**Figur 17 Vico Software (Vico Software 2012b)**

Vico Software er et amerikansk selskap som ble skilt ut fra Graphisoft-konsernet i 2007. Med kontorer over store deler av verden, er Vico Software en av de største produsentene av 4- og 5D BIM løsninger i verden. Deres hovedprodukt, Vico Office Suite.

Vico Office Suite er markedets mest integrerte løsning for koordinering, mengdeuttak, kostnadsestimering, prosjektplanlegging og produksjonskontroll for BIM (Vico Software 2012a).

Vico tar inn BIM fra programmer som Tekla, Revit og ArchiCAD, samt IFC-filer. Vico Office Suite (heretter kalt bare Vico) er ikke et modelleringsverktøy, og det er dermed ikke muligheter for å endre modellen i Vico. Vico visualiserer modellene som den henter inn, og kan deretter bruke denne BIM til å hente ut akkurat den informasjonen som trengs, og behandle den. Vico er et omfattende program med mange muligheter. De viktigste funksjonene i Vico er:

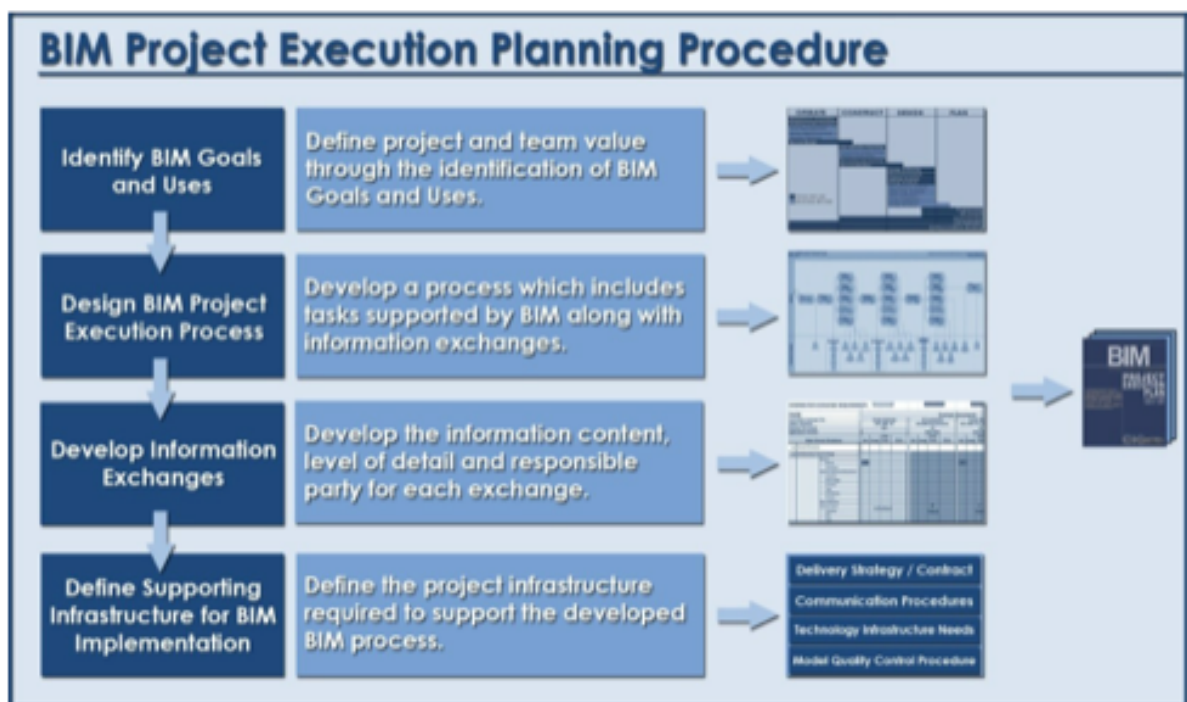
- Mengdeuttak
- Kostnadsstyring
- Prosjektstyring og prosjektplanlegging

Vico kan modellere hele byggeprosessen, som er fint for entreprenører og til kvalitetssikring av planen. Vico har blitt tatt i bruk av flere av Nordens største entreprenører, som PEAB, Veidekke og Skanska. Forsvarsbygg har også hatt pilotprosjekt med denne programvaren. Erfaringene til blant annet PEAB og Veidekke har vært positiv, og resten av bransjen har derfor også fått øynene opp for dette programmet (Vico Software 2012c).



### 5.1.6 BIM Execution Plan

"BIM Plan Execution Manual version 2.1" utarbeidet av Penn State University (2011). Denne planen er en metode å betrakte BIM på i en implementeringsfase. En "BIM Execution Plan", sammenstiller den overordnede visjonen i prosjektet sammen med implementeringsdetaljene for BIM. Heftet sier videre at BIM-planen bør utvikles på et tidlig stadium av prosjektet, for så å bli kontinuerlig utviklet, revidert og oppdatert etterhvert som nye deltagere blir med i prosjektet. BIM-planen skal definere BIM-implementeringene i prosjektet, samt identifisere prosessflyten for BIM-oppgaver, definere informasjonsutvekslingen mellom partene og beskrive den nødvendige prosjekt- og bedriftsinfrastrukturen som trengs for å støtte BIM-implementeringen.



**Figur 18 BIM Execution Planning (Penn State University 2011)**

BIM-planen består av 4 steg. Disse stegene er for at prosjektets deltagere skal kunne lage en nøyaktig og konsistent BIM-plan (Penn State University 2011). Disse fire stegene er:

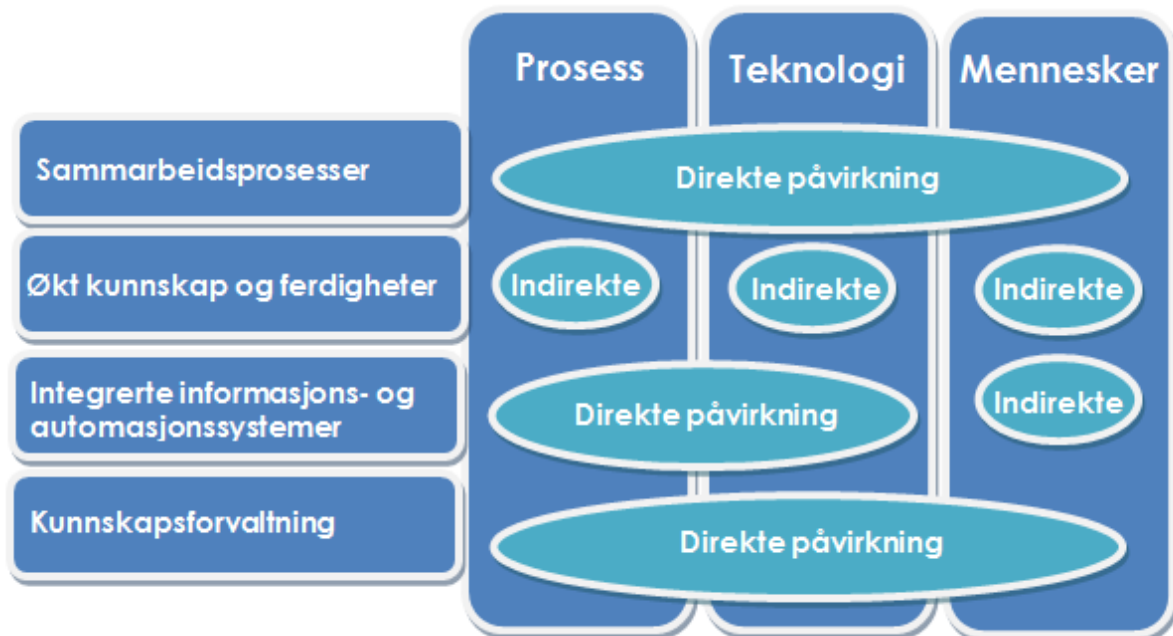
- Identifisering av BIM-målene og bruken av BIM
- Utarbeide en prosessen for BIM-prosjektets utførelse
- Lage et informasjonssystem
- Definere støttende infrastruktur for BIM-implementeringen

### 5.1.7 Information Delivery Design Systems (IDDS)

Information Delivery Design Systems (IDDS) er en BIM-metode som bidrar til å se sammenhengen mellom prosess, personer og teknologi. IDDS' fire hovedelementer er:

- Samarbeidsprosesser
- Økte ferdigheter
- Integreerte informasjons- og automasjonssystemer
- Kunnskapshåndtering

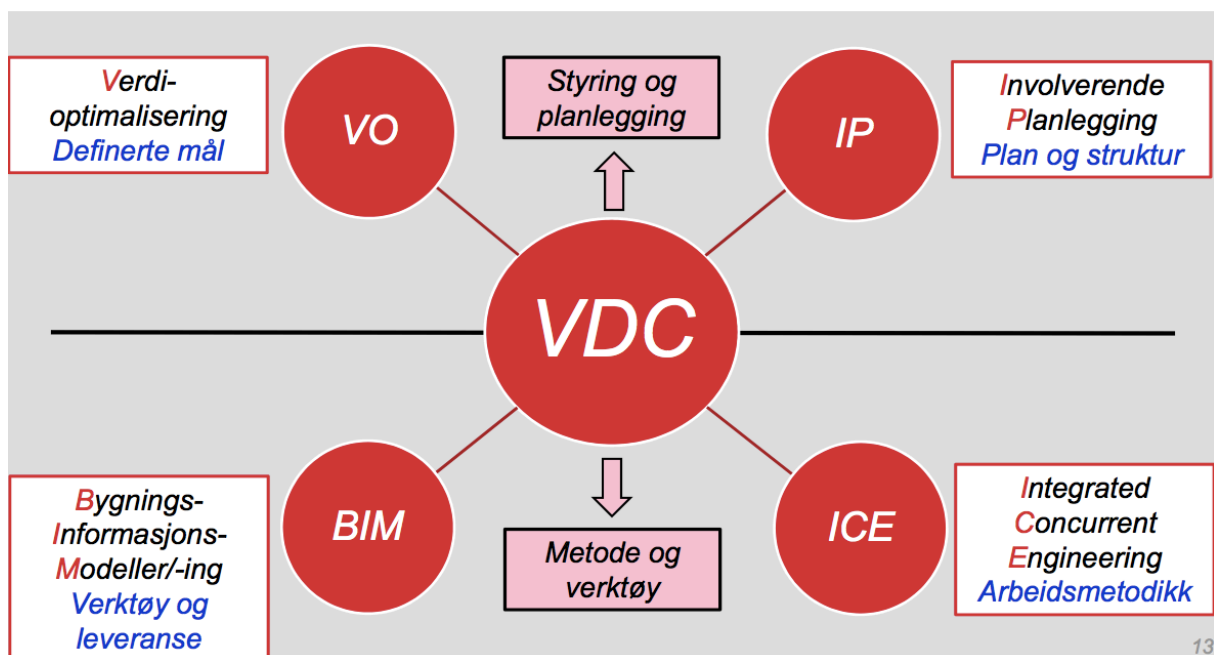
Metoden ser mer på hele organisasjonen, enn det andre systemer som buildingSMART og VDC gjør. IDDS bruker samarbeidsprosesser, økt kunnskap, kunnskapsforvaltning, integrerte informasjonssystemer og kunnskapsforvaltning til å redusere ineffektiviteten i struktur og prosess. IDDS øker også verdien av leveransen ved prosjektering, bygging og drift (Owen 2009). IDDS viser utviklingen på kort, mellomlang og lang sikt.



**Figur 19 IDDS' innvirkning (Owen 2009)**

### 5.1.8 Virtual Design and Construction (VDC)

Stanford University utviklet i 2001 en BIM-metoden VDC. VDC er i grove trekk en kombinasjon av et strukturert og et sosialt planleggingsystem (Kuntz & Fischer 2012). I VDC er BIM en del av prosessen, og ikke hele prosessen i seg selv. VDC-metoden bruker BIM i samarbeid med andre metoder og planleggingsystem.



**Figur 20 VDC i Veidekke (Veidekke 2011)**

Denne metoden er i dag allerede i bruk av Veidekke, som bruker dette som sin BIM-metode. Stefan Söderberg i Veidekke Sverige sier at de er godt fornøyd med denne måten å jobbe på, ved at den gir arbeiderne på plass en større tilhørighet til fremdriftsplanen i og med at de er med på å utforme den i større grad en tidligere (Vico Software 2012c).

### 5.1.9 Utfordringer for BIM

*BIM Execution Plan* angir at i likhet med annen ny teknologi vil BIM ha en viss risiko når de involverte partene i implementeringsfasen ikke er erfarne med teknologien, eller hvis partene ikke er kjente med strategiene og prosessene for sine tverrfaglige gruppemedlemmer. Til slutt vil en omfattende planlegging av implementeringen gjøre at man eliminerer de ukjente faktorene, og man vil dermed redusere den samlede risikoen for prosjektet (Penn State University 2011).

Et annet hinder er at byggebransjen er konservativ, og det kan være utfordrende å implementere ny teknologi og nye metoder: Selv overgangen fra tegning på papir til dataassistert konstruksjon (DAK) møtte motbør i sin tid. Byggebransjen kan være tungrodd, og man sier ofte at beslutningen om implementering av ny teknologi og nye metoder ofte faller på grunn av konservatismen i bransjen (Vico Software 2012c). Selv når interessen og nytten av den nye metoden eller teknologien foreligger, er selve implementeringen av det nye systemet vanskelig: Reinertsen har ved flere anledninger kurset både byggeplassbemannning og personale ved andre avdelinger i nye metoder, men likevel faller implementeringen på en av to ting: enten det går for lenge mellom hver gang den nye teknologien eller metoden skal brukes, slik at det ikke blir en naturlig del av arbeidsmåten. Eller så faller det på at den første gangen det nye systemet blir brukt, gir det ikke den gevinsten man hadde trodd, og man går tilbake til det gamle systemet. (Vico Software).

Det kanskje største hinderet sett fra administrasjonenes side er prisen på investeringen sett opp mot profitten å implementere det nye systemet. Det mange gjør feil er å sette investeringskostnaden ved implementeringen på et prosjekt. Dette vil i de fleste tilfeller gi et negativt økonomisk resultat for prosjektet, og konklusjonen blir dermed ofte at investeringen ikke er lønnsom (Vico Software 2012c). Investeringskostnaden ved implementering av for eksempel 4- og 5D BIM bør ikke settes i et enkelt prosjekt, men heller som en ren administrasjonskostnad. Veidekke sier at å sette investeringskostnaden til implementering av 4- og 5D BIM i et enkelt prosjekt er like unaturlig som at man for eksempel skulle sette en investeringskostnad av kursing av Microsoft Office på hvert enkelt prosjekt man har. Man må huske at man, i alle fall i de fleste tilfeller, kan å bruke et nytt system etter den første kursingen.

Når det gjelder å se den økonomiske nytten av et nytt system kan dette være vanskelig å måle (Hjelseth 2012). Investeringskostnaden til programvare og kursing er kostnader man får direkte, i motsetning til kostnaden av den mindre effektive perioden fra man har blitt kurset til man bruker det nye systemet optimalt.

## 5.2 PROSJEKTSTYRING

### 5.2.1 LEAN

En kilde til usikkerhet og frustrasjon i prosjekter er venting, for eksempel på tilgang, materialer og tegninger. Når et lag er for sen til å levere, kan ventingen forplante seg i prosjektet, og prosjektflyten forstyrres (Mossman 2009).

En av de store fordelene ved å bruke 4- og 5D BIM er å redusere slik sløsing av ressurser ved å minimere den ineffektive arbeidstiden. Innen prosjektstyring kalles dette "Lean Construction". Som er et beskyttet varemerke utviklet av The International Group for Lean Construction. Lean Constuction blir likevel i Norge ofte omtalt som "trimmet bygging".

*Trimmet bygging* er en variant av trimmet produksjon, som igjen hovedsakelig er arvet fra det berømte "Toyota Production System". De første til å ta i bruk uttrykket "Lean Production" var forfatterne Womack og Jones. (Blom 2011).

Leans hovedfokus er å kutte vekk all aktivitet som ikke er verdiøkende. En verdiøkende aktivitet er en aktivitet som tar utgangspunkt i hva der er kunden vil ha fra prosessen (Blom 2011). Et eksempel kan være en aktivitet hvor man skal montere et vindu i en vegg, hvor all aktivitet som ikke inngår i den direkte aktiviteten, som er montering av vinduet, er ikke-verdiøkende aktiviteter, som henting av verktøy, rydding av arbeidsplass og lesing av tegninger. Prof. Tommelein (2001) nevner at det er åtte kilder til sløsing:

1. Defekt i produktet
2. Overproduksjon av unødvendige varer
3. Lageroppbygging som følge av dårlig logistikk
4. Unødvendig bearbeiding
5. Unødvendig flytting av mennesker
6. Unødvendig flytting av ressurser
7. Venting
8. Produktets egenskaper er ikke i overenstemmelse med kundens ønsker

Ikke-verdiøkende aktiviteter er i mange tilfeller unngåelig, men med fokus på å jobbe etter Lean tankegang kan man likevel legge til rette for mer effektivt arbeid (Blom 2011).

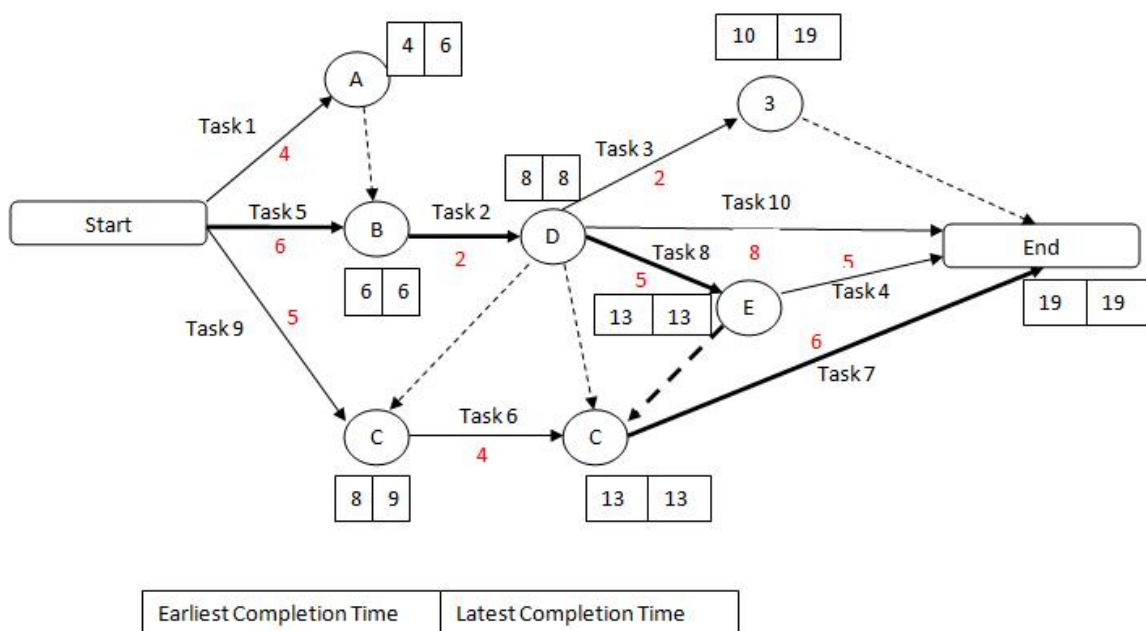
Lean-arbeidsmetodikk kan være spesielt godt egnet for en totalentreprenør som Reinertsen, som har alle fag og beslutningstagere under tak. Dette gjør kommunikasjonen mellom disipliner enkel, og man kan få en mer strømlinjeformet bygging hvor man i stor grad kan unngå kilder til sløsing, som de som er nevnt i listen over.

### 5.2.2 Critical Path Method (CPM)

CPM er en ofte brukt forkortelse for Critical Path Method. CPM ble utviklet på 1950-tallet av det amerikanske Dupont-konsernet, i forbindelse med et fabrikkmoderniseringsprosjekt. CPM har siden den gangen vært den dominerende planleggingsmetoden verden over (Jarle 2009).

Siden CPM er en aktivitetsbasert planleggingsmetode, forutsetter den estimerer på alle aktiviteter tidsbruk. Denne tidsbruken estimeres av kalkulasjon og baseres ofte på intern og ekstern erfaringsdata (Jarle 2009).

CPM er et ledelsesverktøy som hjelper prosjektledere med å få en oversikt over hvordan prosjektet vil utvikle seg, og hvor prosjektlederen må legge inn en ekstra innsats. CPM viser prosjektets aktiviteter fra start til slutt i en sammenhengende rekke. CPM viser også hvilke aktiviteter som har slakk, og hvilke aktiviteter som ikke har slakk, det vil si dødtid før neste oppgave skal påbegynne. Aktiviteter uten slakk kalles for kritiske aktiviteter og trenger spesielt tilsyn, da det er disse aktivitetene som bestemmer hvor lang tid prosjektet vil ta. Disse kan man se av eksemplet under i aktivitet "B", hvor den tidligste og seneste start/slutt-tidspunkt er det samme. Ved å identifisere de kritiske aktivitetene, kan man se den "kritiske veien". "Den kritiske veien" er kjeden av aktiviteter som det vil ta lengst tid å gjennomføre (se tykk sort strek i figuren under). Det er denne kritiske veien som bestemmer prosjektets varighet (Jarle 2009).



**Figur 21 Eksempel på CPM (P Coder 2012)**



Sriprasert og Dawood (2002) skriver videre:

2. Vanskeligheter med å evaluere og kommunisere avhengighetsforhold.

CPM-planen er grafisk presentert i enten en form for Gantt-diagram eller en form for hierarkisk diagram. For å evaluere og kommunisere tiden og byggingsssekvenser, må prosjektdeltakerne mentalt kunne tilknytte seg til denne fremdriftsplanen med beskrivelse av den fysiske bygningen. Dette har vist seg å være vanskelig, spesielt når det er behov for å analysere effekten av endringer i den generelle konstruksjonen (Sriprasert & Dawood 2002).

3. Utilstrekkelighet for byggeplass.

Når prosjekter kommer inn i byggefasen, blir den detaljerte planleggingen overlatt til ingeniører, anleggsledere, eller formenn. I stedet for å bruke CPMen, lager disse enkle diagram eller aktivitetslister for produksjonsplanleggingen. Flere studier gir i tillegg flere overbevisende grunner til at CPM ikke er mye brukt: Levitt et al. (1988) har uttalt at de eksisterende CPM-verktøyene ikke gir tilstrekkelig støtte for analyse av begrensninger på operasjonelt nivå. Resursfordeling, glatting eller planerings prosedyrer er ute av stand til å sikre full kontinuitet på antall arbeidere og arbeidsoppgaver. For komplekse prosjekter blir CPM-planer forvirrende for arbeiderne og derfor mindre nyttig. Det kreves store ressurser for å planlegge og tegne nettverket på nytt hver gang det blir oppdatert. Videre har CPMs manglende fleksibilitet og uttrykksfullhet for å takle en variert byggeprosess (Sriprasert & Dawood 2002).

Noe av problematikken som Reinertsen har hatt erfaring med når det kommer til CPM er at den krever oppfølging for fungere, hvilket ikke blir gjort. Dette fører igjen til at ekstra personale settes inn i prosjektet for å få det tilbake til skjema, noe som er dyrt (Reinertsen AS 2012g).

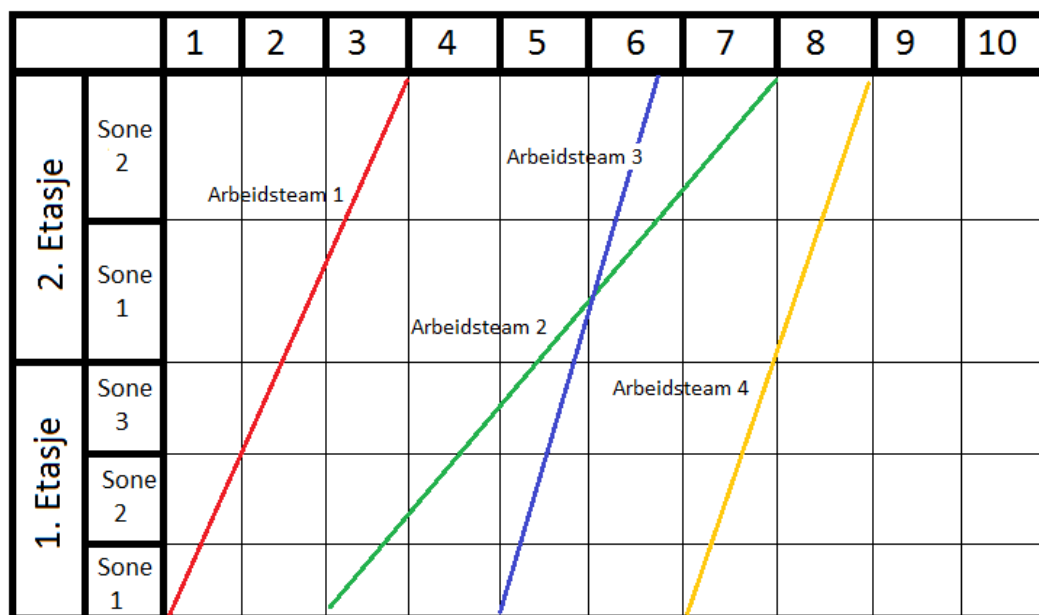
Fremdriftsplanlegging med CPM og Gantt-skjema gir også et dårlig innblikk i hva som skjer hvor i bygget, ettersom arbeidet er delt opp etter type arbeid, og ikke nødvendigvis etter sted. Dette fører tidvis til kollisjoner mellom disipliner. For eksempel at flisleggeren skal flislegge golvet, mens elektrikerens skal montere himling i samme rom.



### 5.2.3 Location Based Scheduling (LBS)

Location Based Scheduling, ofte forkortet bare til LBS, er en planleggingsteknikk som i motsetning til andre tradisjonelle metoder ikke bare ser på en oppdeling av arbeidsoppgaver, men også på en oppdeling av soner i bygget. LBS er et beskyttet varemerke, men blir i Norge ofte kalt "Stedsbasert planlegging" og "skråstrekkplanlegging". Navnet skråstrekkplanlegging kommer av at LBS-planene visualiserer som skråstreker, i motsetning til mer tradisjonelle planleggingsmetoder som Gantt-skjemaer, som visualiseres som et liggende stolpediagram.

I tradisjonell fremdriftsplanlegging, som CPM-planer med Gantt-diagram planlegger man i en dimensjon, *tid*. LBS benytter seg i tillegg til denne tidsdimensjonen av en ny dimensjon med *soner*. Den grafiske representasjonen av dette kalles *Line of Balance*, eller *flytlinjer* (Blom 2011). I et LBS-skjema vil sonene være i den vertikale akse, og tiden i den horisontale. Hver oppgave vil ha sin egen strek, hvor streken starter i den sonen og tiden hvor aktiviteten begynner, og slutter i den sonen og tiden hvor aktiviteten slutter. Stigningen på streken viser hastigheten på utførelsen av arbeidsoppgaven, og kryssende streker viser kollisjoner i aktiviteter.



**Figur 23 Eksempel LBS (Blom 2011)**

LBS' formål er å skape en mer forutsigbar produksjon, gjennom å synliggjøre hvilken aktivitet som skjer hvor, til en hver tid. Gjennom en bedre visualisering blir planen mer intuitiv, og sjansen øker for at den blir forstått. Gjennom fokuset på soner unngår man kollisjoner i arbeidsoppgaver, og man får

begrenset antallet arbeidere på en plass, noe som gir en bedre arbeidsflyt og en mer *trimmet* byggeprosess. LBS er på grunn av dette fokuset på arbeidsflyt, en *trimmet* planleggingsmetode.

Det som skiller LBS fra andre planleggingssystemer, som CPM, er fokuset på stedene aktivitetene skal foregå på, i tillegg til fokuset på hva det er aktivitetene består av (Blom 2011). Når man skal bryte ned modellen i områder i LBS-soner, går man frem ved å først bryte ned modellen i bygg, deretter bryte ned bygget i etasjerer, for så å bryte etasjene ned i soner, som for eksempel rom.



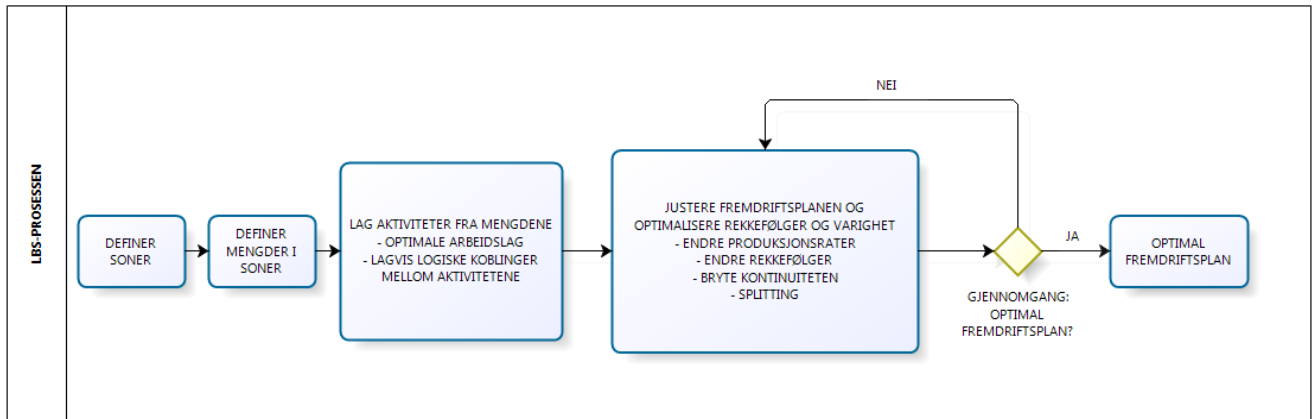
**Figur 24 Oppdeling av LBS (Blom 2011)**

Når man lager en soneinndelingen er det samtidig viktig å tenke på avstanden mellom sonene, slik at man unngår unødvendig flytting av mennesker og utstyr, og at man lager sonene slik som man faktisk jobber.

Gjennom "skråstreksplanleggingen" i LBS får man også et godt prosjektstyringsverktøy: man kan enkelt drive proaktiv planlegging, gjennom å se hvor det kan oppstå flaskehalser, hvor kollisjonene vil komme, og muligheter for å se ineffektiviteter som uten soneinndelingen kanskje ikke hadde vært synlige i fremdriftsplanen. I byggingen av Marieholmsbron i Gøteborg klarte man gjennom bruken av LBS å trekke sammen den originale fremdriftsplanen, laget i CPM, med over 10%, noe som gjorde at broen ble ferdigstilt 1,5 måned tidligere enn opprinnelig planlagt i CPM (Guðmundsson & Sigurðsson 2010).

Gjennom LBS kan man også enkelt flytte på arbeidsoppgavene der man ser at man vil få en kollisjon, og dermed enkelt se effekten av å sette inn ekstra ressurser på en arbeidsoppgave, ved at linjen til oppgaven vil få en større stigningsgrad, gjennom at man har predefinert hvor mye en arbeider i en gitt oppgave vil øke produksjonen. Dette gir også en unik mulighet til å klare å hente seg inn, hvis man skulle bli hengende etter den opprinnelige fremdriftsplanen.

Forenklet oppbygging av en LBS-plan er vist i Figur 25:



**Figur 25** Prosessen med LBS (Guðmundsson & Sigurðsson 2010)

LBS er ingen ny måte å planlegge på. "Skråstreksplanlegging" gjorde det mulig i 1932 å sette opp de 102 etasjene på Empire State Building i New York på under 14 måneder (Blom 2011).

### 5.2.3.1 Problemer med LBS

LBS krever detaljerte data for å ha noen hensikt. LBS er dermed avhengig av å ha de digitale verktøyene på plass for å kunne behandle disse informasjonsmengdene, og behandle disse på en organisert måte. LBS kan feile på grunn av dårlig lagring og gjenbruk av data (Blom 2011).

På samme måte som en CPM-plan er en LBS-plan også avhengige av at prosjektets status rapporteres inn til enhver tid, ellers vil den kunne fungere like dårlig som en CPM-plan. Den kan dermed bli en falsk trygghet hvis den ikke regelmessig oppdateres etter den reelle fremdriften på byggeplass.

De første reaksjonene fra Kværnerbyen på "skråstreksplanene" i Reinertsen var at de så kaotiske ut, og at de var uvante å leste. Det "kaotiske" skjemaet gav nesten en avskrekkende effekt på arbeiderne før de hadde rukket å studere det. Flere reaksjoner var at det kunne være et problem at planen var delt opp i uker, og ikke med nøyaktige start og sluttdatoer.

### 5.2.4 Sammenligning LBS og CPM/Gantt

Tabellen under viser en sammenligning av prosjektledelsesformene LBS og CPM/Gantt med fokus på prosjektoversikt, ressursstyring, prosjektkontroll, informasjonsinput og risiko.

**Tabell 1 Sammenligning LBS og CPM (Guðmundsson & Sigurðsson 2010)**

Sammenlignings-områder	LBS	CPM/Gantt
<b>Prosjektoversikt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Færre opprettede aktiviteter ved at de samme oppgavene gjelder flere soner</li> <li>+ Forbedret oversikt over aktiviteter, mengder og ressurser gjennom soneoversikt</li> <li>+ Visualisering av sekvensene, byggbarheten og prosjektstatusen</li> <li>÷ Mange er ukjente med LBS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Godt kjent metode som "alle" forstår</li> <li>÷ Mange aktiviteter blir opprettet, ved at nye aktiviteter blir opprettet for hvert område</li> <li>÷ Begrenset oversikt ved bruk av Gantt-skjema</li> </ul>
<b>Ressursstyring</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Antar begrensninger av ressurser og plass</li> <li>+ Forenkler kontinuerlig arbeidsflyt</li> <li>+ Mer Lean planlegging gjennom optimalisert arbeidsflyt og sløsing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>÷ Antar ubegrensede ressurser</li> <li>÷ Vanskeligere å planlegge kontinuitet i mannskap</li> </ul>
<b>Prosjektkontroll</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Produksjonslinjer gjør det mulig med visuell overvåking av trender og skaper en mulighet for å reagere umiddelbart og igangsette proaktive tiltak</li> <li>+ Viser ressurser i arbeidsflyt og</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>÷ Sent responderende mekanisme, endring først mulig etter aktiviteter er over, som føler til store bølger av arbeidere på slutten av prosjektet</li> </ul>

	soner  + Viser mengder i arbeidsflyt og soner	÷ Lengden på like aktiviteter er uten relasjoner
<b>Informasjonsinput</b>	+ Pålitelige mengdeuttak fra modellen, som automatisk hentes ut av modellen  ± Krever mer informasjon, noe som resulterer i mer presis planlegging  ÷ Modellen er sjelden tilgjengelig i tidlige stadier av prosjekter	± Krever minimal informasjon, noe som kan resultere i mindre presis planlegging  ÷ Mengdene hentes ut fra tegninger eller lister, som er en tidkrevende prosess
<b>Risiko</b>	+ Kontinuitet på antall arbeidere og arbeidsoppgaver på byggeplass.  + Den utvidede oversikten minimerer risikoen for kollisjoner mellom arbeidere, og dermed sløsing  + Bruken av en 3D-modell hjelper til å identifisere byggbarheten, og mulige problemer	÷ Svært lite fokus på kontinuitet på antall arbeidere og arbeidsoppgaver på byggeplass.

## 6. RESULTATER

Resultatet består av to hoveddeler:

- "6.1 Dokumentleveranser"
- "6.2 buildingSMART Prosess"

Første del forklarer hva dokumentleveransen bør inneholde fra de prosjekterende sin side til de tre definerte byggefasene.

Andre del forklarer hvordan dokumentleveransen og prosessen bør foregå i mellom divisjonene og aktørene i Reinertsen, ved hjelp av buildingSMART Prosess-metoden forklart i kapittelet "5.1.4 buildingSMART Prosess".

### 6.1 DOKUMENTLEVERANSER

Som forklart i caseintroduksjonen består fremdriftsplanleggingen av tre deler:

1. Ekstern Hovedfremdriftsplan
2. Intern Hovedfremdriftsplan
3. Ukesplaner

Sammen med et dokumentbehov for å lage kalkylene blir det totalt fire dokumentleveranser som trengs fra de prosjekterende i Reinertsen i følgende rekkefølge:

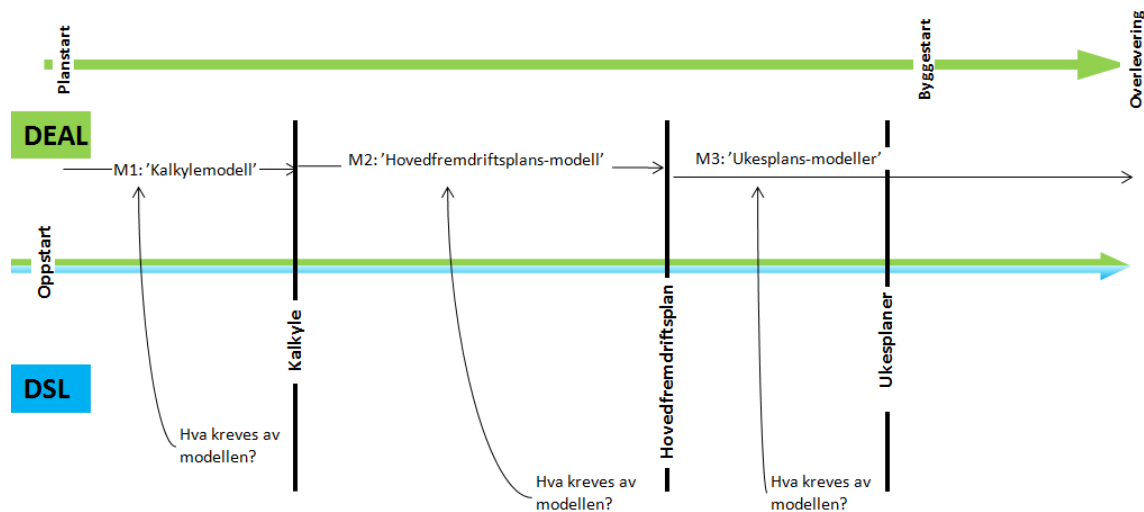
1. Kalkyle
2. Ekstern Hovedfremdriftsplan
3. Intern Hovedfremdriftsplan
4. Ukesplaner

På grunn av at den eksterne hovedfremdriftsplanen er en så grunnleggende plan, er det ikke hensiktsmessig å lage den i Vico. Vico blir et for nøyaktig program til at dette er hensiktsmessig. Min anbefaling er derfor å skille ut dokumentleveransen til den eksterne hovedfremdriftsplanen fra "Dokumentleveranseplanen for 4- og 5D BIM", og ha den som et eget punkt. På grunn av sin enkelhet er det beste å benytte arkitektens plan- og snitt-tegninger, og ut i fra disse lage en grov hovedfremdriftsplan ved hjelp av MS Project og dermed et Gantt-diagram til byggherren.

### 6.1.1 Dokumentleveranseplan for 4- og 5D BIM:

Dokumentleveransen for 4- og 5D BIM fra de prosjekterende kan deles opp i tre deler:

1. "kalkyle-modellen" (M1)
2. "Hovedfremdriftsplan-modellen" (M2)
3. "Ukesplan-modellen" (M3)



**Figur 26 Dokumentleveranse for BIM i 4- og 5D i Reinertsen**

### 6.1.2 M1: "kalkylemodellen"

"Kalkylemodellen" er modellen som ligger til grunn for kalkulasjonen i prosjektet. Følgende skal leveres fra de prosjekterende i "kalkylemodellen":

- IFC-filer fra arkitekt og rådgivende ingeniør bygg hvor alle objekter ligger på riktig layers og bygget er fullstendig modellert. Dette innebærer:
  - Korrekt modellerte trapper og ramper
  - Korrekte overflater for riktige steder
  - Skille på utvendige og innvendige elementer
  - Modellert bæresystemet, med søyler og dragere i omtrentlig riktig dimensjon.
  - Informasjon om brann og lydkrav
- Modellen må være riktig modellert, for å få korrekte mengder til kalkuleringen. Det innebærer blant annet at det ikke er noen ubrukte objekter som ligger rundt i modellen eller som ligger skjult i modellen. Det er viktig at modellen er ryddet så slike objekter for at man kan hente ut korrekte mengder.

- Det er også viktig at objekter i modellen har riktig navn, og at man holder seg konsekvent til det interne objektbiblioteket i Reinertsen, og at man bruker kun denne navngivningen på objektene. Korrekt navnsetting er nødvendig for å kunne koble sammen kalkylen med modellen.

### 6.1.3 M2 : "Hovedfremdriftsplan-modellen":

"Hovedfremdriftsplan-modellen" er modellen som ligger til grunn for den interne hovedfremdriftsplanen i prosjektet, og som brukes som grunnlag for ukesplanene. Følgende skal leveres fra de prosjekterende i "hovedfremdriftsplanen-modellen":

- De nyeste IFC-filene fra arkitekt og rådgivende ingeniør bygg hvor alle objekter ligger på riktige layers og bygget er fullstendig modellert. Dette innebærer:
  - Korrekt modellerte trapper og ramper
  - Korrekte overflater for riktige steder
  - Skille på utvendige og innvendige elementer
  - Modellert bæresystemet, med søyler og dragere i korrekt dimensjon.
  - Brann og lydkrav
- Modellen må være riktig modellert, for å få korrekte mengder til fremdriftsplanleggingen. Det innebærer blant annet at det ikke er noen ubrukte objekter som ligger rundt i modellen eller som ligger skjult i modellen. Det er viktig at modellen er ryddet for slike objekter så man kan hente ut korrekte mengder.
- Det er også viktig at alle objekter i modellen har riktig navn, og at man holder seg konsekvent til det interne objektbiblioteket i Reinertsen, og at man bruker kun denne navngivningen på objektene. Korrekt navnsetting er nødvendig for å kunne koble sammen kalkylen med modellen.
- Det er viktig at man bruker tid på å modellere objektene slik de virkelig er uten å "slå sammen" objekter.. Informasjon som er spesielt viktig i modellene/tegningene:
  - Veggenes plassering
  - Materialvalg
    - Overflater
    - Gulv
    - Vegger
    - Dekker
  - Korrekte etasjehøyder
  - Tekniske installasjoner (grovt)
- Det viktigste med modellene i denne fasen er at man har fokusert på å modellere opp alle objekter, og ikke bruker tiden på å detaljere for



mye i denne fasen. I denne fasen skal man kunne hente ut mengder for hele bygget, og da er det viktigere at man får en tall som stemmer ganske bra for alle objektene, enn at man får de perfekt på noen, mens andre mangler. Grovt sett kan man si at modellen skal være ca 90% ferdig modellert på dette stadiet.

#### 6.1.4 M3 : "Ukeplaner-modellene":

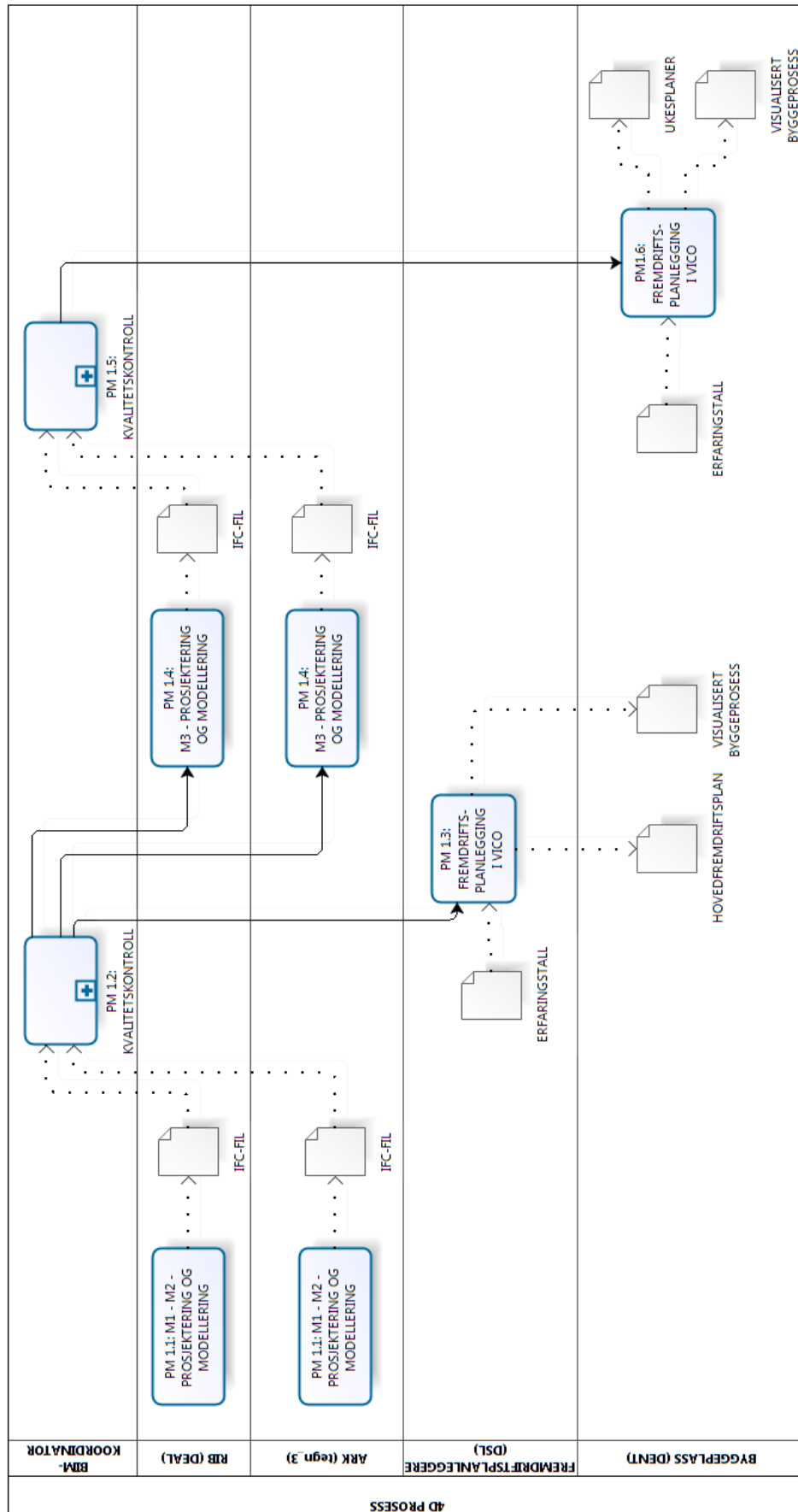
"ukeplan-modellene" er modellene som ligger til grunn for den ukesvise fremdriften på byggeplassen og lages av anleggsleder/driftsleder i prosjektet. Følgende skal leveres fra de prosjekterende i "ukeplan-modellen":

- Arkitekt og rådgivende ingeniør byggs nyeste modell hvor objektene er modellert/tegnet korrekt og ligger i riktige høyder. Modellen må ha høy detaljgrad.
- De nyeste IFC-filene fra arkitekt og rådgivende ingeniør bygg hvor alle objekter ligger på riktig layers og bygget er fullstendig modellert. Dette innebærer:
  - Korrekt modellerte trapper og ramper
  - Korrekte overflater for riktige steder
  - Skille på utvendige og innvendige elementer
  - Modellert bæresystemet, med søyler og dragere i korrekt dimensjon med innfestingsdetaljer.
  - Brann og lydkrav
- Modellen må være riktig modellert, for å få korrekt utførelse og korrekte innkjøp på byggeplass.
- Det er også viktig at alle objekter i modellen har korrekt navn, og at man holder seg konsekvent til det interne objektbiblioteket i Reinertsen, og at man bruker kun denne navngivningen på alle objektene. Korrekt navnsetting er nødvendig for å kunne gjøre riktige bestillinger og riktig utførelse.
- Viktig at modelleringen av objekter og innfestingsdetaljer utføres korrekt uten å "slå sammen" objekter, siden det vil gi feil i bestillinger, for eksempel av prefabrikkert betong. Informasjon som er spesielt viktig i modellene/tegningene:
  - Plasseringer
  - Utførelse
  - Materialer
  - Innfestingsdetaljer
  - Materialvalg
    - Overflater
    - Gulv
    - Vegger

- Dekker
  - Etc.
  - Helt korrekte etasjehøyder
  - Korrekte tekniske installasjoner
- Det viktigste med modellene i denne fasen er at man har fokusert på å modellere opp objekter, og ikke bruker tiden på å detaljere for mye i denne fasen. I denne fasen skal man kunne hente ut mengder for hele bygget. Derfor er det viktigere at man får en tall som stemmer ganske bra for alle objektene, enn at man får de perfekt på noen, mens andre mangler. Prosjekteringen og modellen går i dette stadiet fra å være 90 % til å bli 100 % ferdig.

## 6.2 buildingSMART PROSESS

### 6.2.1 Proses for 4D BIM



**Tabell 2 PM 1.1: M2-prosjektering og modellering**

Type	Aktivitet
Navn	M2 – Prosjektering og modellering (DEAL)
Aktører	Arkitekt og Rådgivende Ingeniør Bygg
Beskrivelse	Arkitekt og rådgivende ingeniør bygg prosjekterer og modellerer en modell som inneholder alle objekter som skal med. Svært viktig at alle objekter er modellert riktig, og at man ikke tar noen snarveier i modelleringen.  Outputen fra denne prosessen er en IFC-fil som sendes til BIM-kordinator for kvalitets sjekking.
Dokumentasjon	"M2-dokumentleveranse"

**Tabell 3 PM 1.2: Kvalitetskontroll**

Type	Aktivitet
Navn	Kvalitetskontroll
Aktører	BIM-kordinator
Beskrivelse	BIM-kordinator kjører kvalitetskontroll av modellen etter "Prosess for kvalitetskontroll", hvor det blir sjekket for blant annet kollisjoner og kvalitet i modellene.
Dokumentasjon	"Prosess for Kvalitetskontroll"

**Tabell 4 PM 1.3: Fremdriftsplanlegging i Vico**

Type	Aktivitet
Navn	Fremdriftsplanlegging i Vico
Aktører	Prosjekteringsgruppa: Prosjektleder og Prosjekteringsleder (DSL) og Anleggsleder (DENT)
Beskrivelse	Prosjekteringsgruppa tar inn modellen i Vico og deler den opp i soner. Deretter lager gir de modellens objekter tilhørighet til aktiviteter i fremdriftsplanen.  Outputen fra denne prosessen er hovedfremdriftsplanen, samt en visualisert fremdrift.
Dokumentasjon	

**Tabell 5 PM 1.4: M3-Prosjektering og modellering**

Type	Aktivitet
Navn	M3 – Prosjektering og modellering (DEAL)
Aktører	Arkitekt og Rådgivende Ingeniør Bygg
Beskrivelse	Arkitekt og rådgivende ingeniør bygg prosjekterer og modellerer en modell som inneholder alle objekter som skal med. Svært viktig at alle objekter er modellert riktig, og at man ikke tar noen snarveier i modelleringen.  Outputen fra denne prosessen er en IFC-fil som sendes til BIM-kordinator for kvalitets sjekking.
Dokumentasjon	"M3-dokumentleveranse"

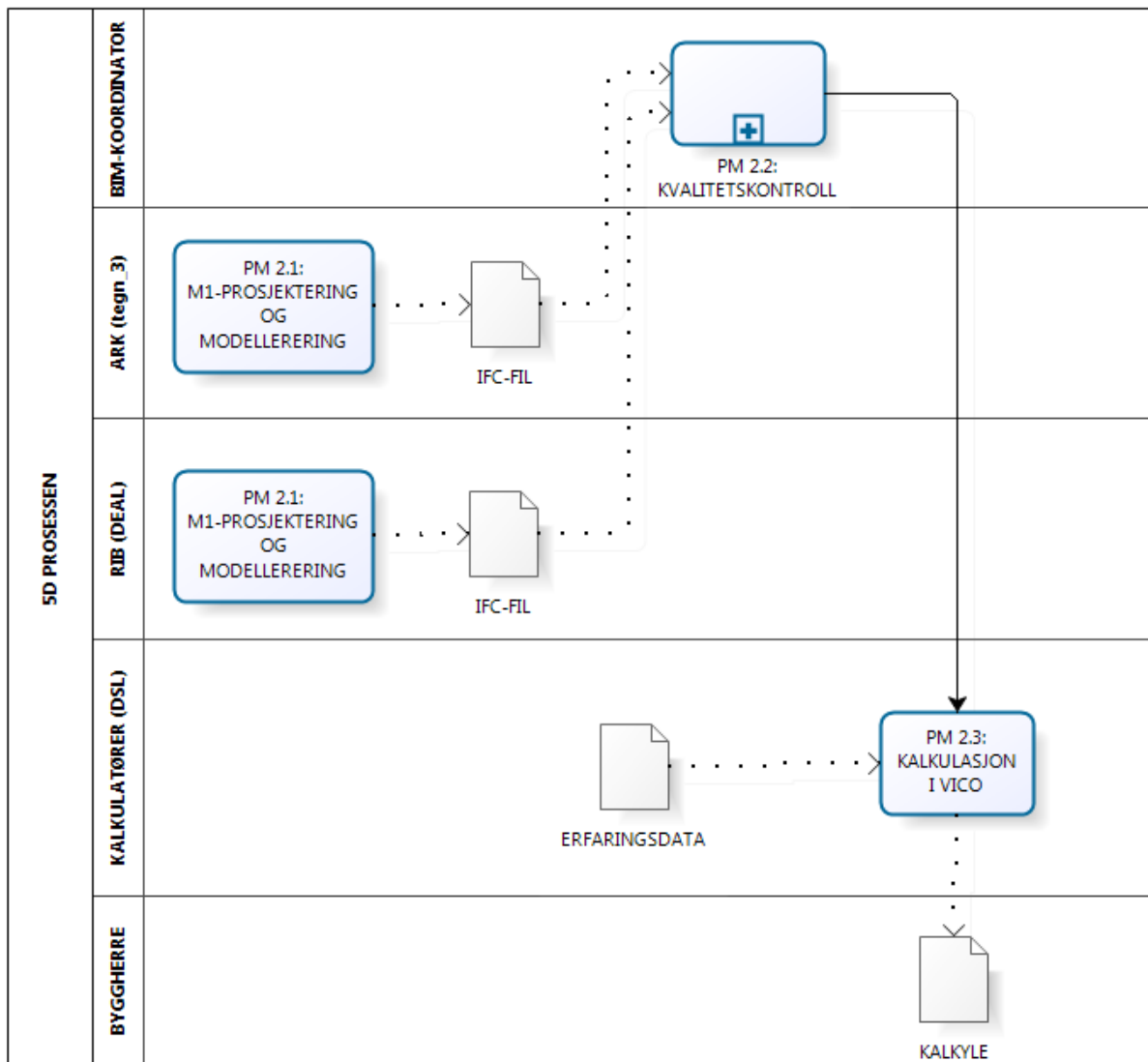
**Tabell 6 PM 1.5: Kvalitetskontroll**

Type	Aktivitet
Navn	Kvalitetskontroll
Aktører	BIM-kordinator
Beskrivelse	BIM-kordinator kjører kvalitetskontroll av modellen etter "Prosess for kvalitetskontroll", hvor det blir sjekket for blant annet kollisjoner og kvalitet i modellene.
Dokumentasjon	"Prosess for Kvalitetskontroll"

**Tabell 7 PM 1.6: Fremdriftsplanlegging i Vico**

Type	Aktivitet
Navn	Fremdriftsplanlegging i Vico
Aktører	Anleggsleder eller Driftsleder (DENT)
Beskrivelse	Anleggsleder eller driftsleder bruker hovedfremdriftsplanen og den nyeste prosjekteringen og modelleringen fra arkitekt og rådgivende ingeniør bygg som underlag til å lage ukeplaner. Ukeplanene har varigheter fra 2-8 uker, og angir arbeidsoppgavene i detalj.  Outputen fra denne prosessen er fremdriftsplanene, samt en visualisert fremdrift.
Dokumentasjon	

## 6.2.2 Proses for 5D BIM



Figur 28 Proses for 5D BIM i Reinertsen

**Tabell 8 PM 2.1: M1-Prosjektering og modellering**

Type	Aktivitet
Navn	M1- prosjektering og modeller
Aktører	Arkitekt og Rådgivende Ingeniør Bygg (DEAL)
Beskrivelse	Arkitekt og rådgivende ingeniør bygg prosjekterer og modellerer en modell som inneholder alle objekter som skal med. Svært viktig at alle objekter er modellert riktig, og at man ikke tar noen snarveier i modelleringen.  Outputen fra denne prosessen er en IFC-fil som sendes til BIM-koordinator for kvalitetssjekking.
Dokumentasjon	"M1-dokumentleveranse"

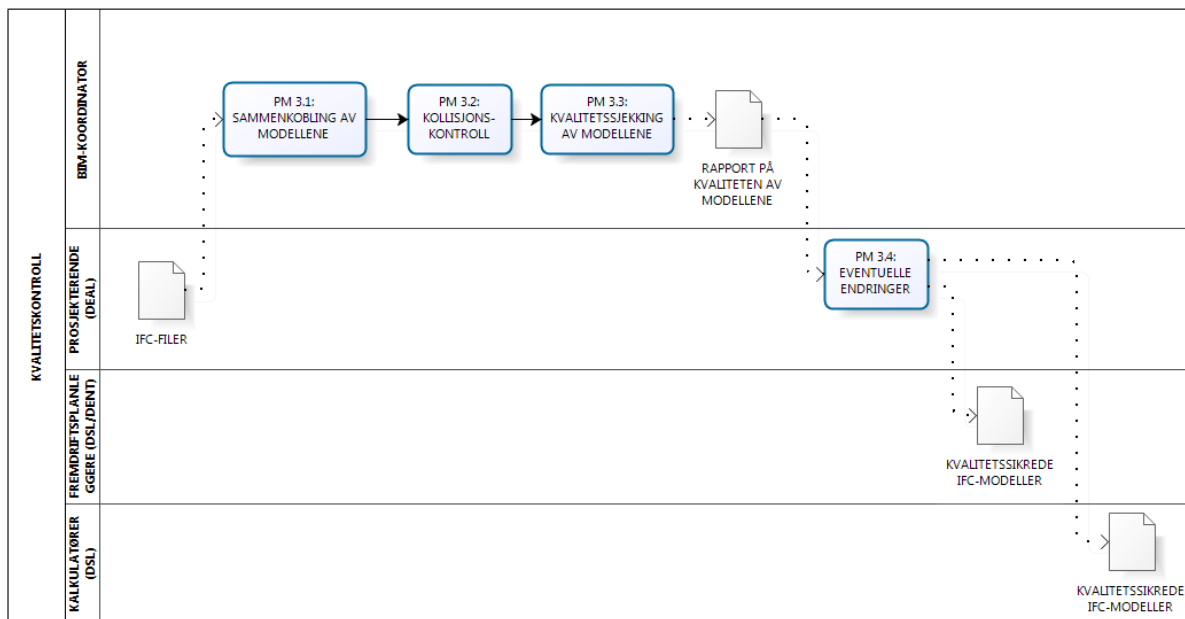
**Tabell 9 PM 2.2: Kvalitetskontroll**

Type	Aktivitet
Navn	Kvalitetskontroll
Aktører	BIM-koordinator
Beskrivelse	BIM-koordinator kjører kvalitetskontroll av modellen etter "Prosess for kvalitetskontroll", hvor det blir sjekket for blant annet kollisjoner og kvalitet i modellene.
Dokumentasjon	"Prosess for Kvalitetskontroll"

**Tabell 10 PM 2.3: Kalkulasjon i Vico**

Type	Aktivitet
Navn	Kalkulasjon i Vico
Aktører	Kalkulator (DSL)
Beskrivelse	Kalkulatorerne tar inn modellen i Vico, og setter sammen den med sin kalkyle, og sin erfaringsdata. De tar dermed å gir modellens objekter tilhørighet til de riktige kapitlene i kalkylen.  Outputen fra denne prosessen er en komplett kalkyle.
Dokumentasjon	

### 6.2.3 Prosess for Kvalitetskontroll



**Figur 29** Prosess for Kvalitetskontroll i Reinertsen

**Tabell 11 PM 3.1: Sammenkobling av modellene**

Type	Aktivitet
Navn	Sammenkobling av modellene
Aktører	BIM-koordinator
Beskrivelse	BIM-koordinator tar inn IFC-modellene fra de prosjekterende og kobler de sammen i Solibri Model Checker.
Dokumentasjon	

**Tabell 12 PM 3.2: Kollisjonskontroll**

Type	Aktivitet
Navn	Kollisjonkontroll
Aktører	BIM-koordinator
Beskrivelse	BIM-koordinator tar inn og kjører en kollisjonskontroll av modellene i Solibri Model Checker, og sjekker at objekter er det ikke er kollisjoner mellom modellene.
Dokumentasjon	



**Tabell 13 PM 3.3: Kvalitetssjekking av modellene**

Type	Aktivitet
Navn	kvalitetssjekking av modellene
Aktører	BIM-koordinator
Beskrivelse	<p>BIM-koordinator kvalitetssjekker modellene og sjekker blant annet om de er modellert riktig, at det i ikke ligger ubrukte objekter i modellen, og at navnsetting på objektene er utført riktig.</p> <p>Outputen fra denne prosessen er en "kvalitetsrapport" til de prosjekterende.</p>
Dokumentasjon	Sjekklisten "Kvalitetskontroll for BIM" (se vedlegg 3)

**Tabell 14 PM 3.4: Eventuelle endringer**

Type	Aktivitet
Navn	Eventuelle endringer
Aktører	Arkitekt og Rådgivende Ingeniør Bygg (DEAL)
Beskrivelse	<p>Arkitekt og rådgivende ingeniør bygg sjekker kvalitetsrapporten fra BIM-koordinatoren, og ser om det er noen kvalitetsavvik i modellen som må korrigeres før filen sendes ut til framdriftsplanleggerne og kalkulatørene .</p> <p>Outputen fra denne prosessen er kvalitetssikrede IFC-filer av modellene til arkitekt og rådgivende ingeniør bygg.</p>
Dokumentasjon	

## 7. DISKUSJON

Reinertsen må hele veien evaluere hvor mye ressurser som skal brukes på ny teknologiimplementering, og evaluere hvor mye som skal satses på ny teknologi. En teknologiimplementering koster til å begynne med i form av lisenser, kursing, mindre effektivt arbeid i opplæringsfasen, timer som går til å utforske og vurdere metoder etc. Totalt sett kan alternativkostnaden<sup>9</sup> virke høy, og man vil i testperioden være mindre produktiv enn man normalt ville vært. Det er lett å se tallene som for store kostnader for ny teknologi, og gevinsten som liten. Samtidig er det vanskelig å måle hvor mye man egentlig sparer på en overgang til 4- og 5D BIM i kroner og øre. Det er tre ting man må bestemme seg for at man skal kunne godta denne investeringen:

1. At investeringskostnaden er en investering i en ny arbeidsmetode.

Ved å bruke 4- og 5D BIM vil man gå bort fra en gammel og manuell metode, til en mer automatisert metode å jobbe på. En investering i metode innebærer blant annet at investeringskostnadene ikke bør belastes prosjekt, men organisasjonen. Et prosjekt vil aldri kunne forsvare denne investeringskostnaden, og er så å si dømt til å gå i minus. Et prosjekt i minus vil ved første øyekast virke som en mislykket investering, om man kan fort skrote hele 4- og 5D BIM satsningen. Nok et argument for at det er organisasjonen og ikke prosjektet som skal belastes, er at man etter opplæringen sitter igjen med kunnskap som man skal bruke i senere prosjekter, og at opplæringen er en investering og ikke en kostnad. Dette kan man sammenligne med opplæring i andre metoder og programvarer, som Microsoft Office.

2. At det er vanskelig å måle reell besparelse ved investeringen.

Man må også innstille seg på at det er vanskelig å måle gevinsten av implementeringen i kroner og øre. En endring av metode kan egentlig først vurderes etter lengre tid, og se om man har blitt bedre av den nye metoden når man bruker den optimalt, sammenlignet når man brukte den gamle metoden optimalt. Samtidig er det vanskelig å si hvordan det ville gått hvis man brukte den gamle metoden i samme prosjekt.

3. At man må bruke større ressurser i en tidlig fase av prosjektet.

---

<sup>9</sup> Alternativkostnad. Kostnaden ved å utføre en aktivitet i forhold til en optimal aktivitet.

For at man skal kunne benytte seg av mulighetene i 4- og 5D BIM er det avgjørende at modellene er gode nok. Ved en overgang av arbeidsmetode til en 4- og 5D BIM stilles det derfor et større krav til kvaliteten av modellene som leveres fra de prosjekterende i en tidlig fase av prosjektet. Modellene må være modellert riktig, og man kan ikke jukse og ta snarveier. Man må også bruke riktig navnsetting og følge krav fra dokumentleveranser. Modelleringen krever dermed mer tid, og dermed større ressurser.

Man må betrakte den økte ressursbruken i starten av prosjektet som en investering til den eventuelt senere modelleringen hvis man vinner anbudet. Man vil da unngå å måtte modellere alt på nytt på grunn av dårlig kvalitet på de første modellene, det gir også en større sikkerhet i kalkulasjonene i forprosjektet.

Den økte ressursbruken hos de prosjekterende vil ideelt sett gi en lavere ressursbruk hos kalkulasjon og fremdriftsplanlegging, ved at deres prosess effektiviseres med en modell hvor man kan stole på mengdene. Erfaringer fra Sverige hos arkitekter og entreprenører viser at man ved å modellere riktig første gangen kan spare ressurser når man har kommet inn i den nye arbeidsmetoden (Vico Software 2012c). Veidekke Sverige, som har brukt BIM-verktøyet Vico Office Suite en stund, viste at de med sin nye metode nå kunne gjøre et forprosjekt på to arbeidsdager med at man kan bruken av den nye metoden, ved en gjennomarbeidet modell fra arkitekt, mot ti arbeidsdager, med den gamle metoden (Vico Software 2012c).

For at 4D BIM med *Stedsbasert fremdriftsplanlegging* faktisk skal fungere bedre en dagens Gantt-diagram er man avhengig av at den virkelige fremdriften rapporteres inn jevnlig, så man kan benytte seg av mulighetene LBS gir med proaktiv planlegging. Dagens versjon av Vico Office Suite har ikke et innebygget enkelt rapporteringssystem for byggeplass, så alle endringer må justeres i planen manuelt. Vico presenterte derimot på sin konferanse i Stockholm en kommende applikasjon til Vico Office Suite, som vil gjøre denne rapporteringen mye lettere gjennom et enkelt nettbasert registreringsystem for byggeplass (Vico Software 2012c). Vico hadde lagt vekt på at det skulle være enkelt å bruke og lett forståelig. Men det gjenstår enda å se hvor lang tid det tar før det kommer på plass, hvor enkelt det faktisk er. Inntil da er man avhengig av at anleggsledere og driftsledere er flinke til å justere fremdriftsplanen selv.

Reinertsen har så langt vært med på den nye BIM-testingen, men Reinertsen må også fremover vurdere om de skal være med fra start, eller om de skal sitte på gjerdet å se på andre prøve og feile. Det er selvfølgelig fordeler og ulemper med begge disse metode:

- Fordelen med å bli med tidlig er at Reinertsen vil tilegne seg ekspertkunnskap på området, og de vil finne ut nøyaktig hvordan de best skal bruke teknologien i Reinertsen, og hvordan den ikke bør brukes. Med en slik kunnskap vil Reinertsen få en kooperativ fordel ovenfor sine konkurrenter.
- Ulempen med å være tidlig ute er at det er en dyrere investering, ved at Reinertsen må finne opp kruttet selv, og hvis 4- og 5D BIM plutselig skulle bli erstattet av en bedre metode er ressursene bortkastet.
- Fordelen med å sitte på gjerdet er at Reinertsen slipper å bruke ressurser på å finne om kruttet og la andre ta den kostnaden.
- Ulempen med å sitte på gjerdet er at Reinertsen kan blir hengende etter konkurrentene og markedet, og dermed å "spart" seg ut av markedet.

Slik trenden for 4- og 5D ser i dag har 4- og 5D BIM kommet for å bli, og det å ikke bli med toget nå kan straffe seg i nærmeste fremtid, med tanke på hvor hardt noen av Reinertsens konkurrenter satser på 4- og 5D BIM.

Selv om dagens prosesser og metoder i Reinertsen fungerer, er det som caseintroduksjonen viser, rom for forbedringer. Dette gjelder spesielt når det kommer til effektivitet: Det gjøres i dag mye dobbeltarbeid, og man gjør kalkulasjon og fremdriftsplanlegging på en lite effektiv måte med tanke på all informasjonen som allerede finnes i DEAL: DEAL har i flere år modellert 3D BIM, men likevel foregår kalkulasjon ved at man regner ut mengder fra tegninger, i stedet for å hente de direkte.

For å sikre at kalkulatører og fremdriftsplanleggere får den informasjonen de trenger, når de trenger den, består resultatet i en dokumentleveranseplan. Ved å ha en pålagt dokumentleveranseplan i Reinertsen i totalentrepriser legger man til rette for å kunne få en optimal 4- og 5D BIM prosess: En dokumentleveranseplan vil gi en bedre kommunikasjon i mellom divisjonene og avdelingen i Reinertsen, samtidig som den gir en kvalitetssikring av modellen. Denne dokumentleveranseplanen blir en del av Reinertsens BIM-manual. Dokumentleveranseplanen bør være organisk, ved at den kan oppdateres og spesifiseres etter hvert som man får erfaring med den. Denne kontinuerlige oppdateringen av dokumentleveranseplanen gir dermed muligheter for å kunne utnytte seniorkunnskapen i Reinertsen.

Resultatet er av denne oppgaven er også en buildingSMART Prosess. Denne buildingSMART Prosessen består av prosesskart med forklarte aktiviteter, som er knyttet mot dokumentleveranseplanen. buildingSMART Prosessen viser hvordan 4- og 5D BIM bør bli bruk i Reinertsen med BIM-verktøyet Vico Office Suite. Ut i fra hva som finnes på markedet i dag er Vico Office Suite det aktuelle valget av BIM-verktøy. Vico Office Suite gir også gode muligheter for support fra Vico-leverandører i Norden, og muligheter for erfaringsutveksling med andre byggefirmaer i Norden.

Vico Office Suite er et program med mange muligheter, som man kan utnytte til det fulle med gode rutiner i en totalentreprenør som Reinertsen.

Programmet krever opplæring av en del mennesker: kalkulatører og fremdriftsplanleggere/byggeplass og BIM-koordinatorer. Dette gir samtidig en utfordring i forhold til programvarelisenser. Vico-lisensene er dyre, og man må finne et system for hvordan man kan minimere behovet antallet lisenser.

Vico Office Suite gir også muligheten til å bruke Stedsbasert Planlegging (LBS), i tillegg til at den kan lage mer tradisjonelle fremdriftsplaner som Gantt-diagram, hvis det skulle bli nødvendig. Overgangen til LBS er en utfordring av flere grunner:

- De fleste fremdriftsplanleggerne i Reinertsen har ikke jobbet med Stedsbasert Planlegging før.

"Skråstrekkplaner" er uvante for byggeplass å forholde seg til, og kan virke kaotiske. En utfordring med innføring av LBS er at LBS er en ny måte å jobbe på, og en ny måte å tenke på. Prosessen med overgang mellom metoder kan ta tid, og vil koste en del i opplæring av folk. Det kan være hensiktsmessig å ha en "LBS-guru" i Reinertsen. Enten er denne personen en ekstern konsulent fra for eksempel Vico Software eller en intern prosjektleder som får ekstra god opplæring i Vico og LBS.

Anleggsarbeidere i Reinertsen som har blitt introdusert for "skråstrekkplaner" har fort forstått systemet, så overgangen vil trolig bli kort, og med minimal opplæring nødvendig. Man kan i en overgangsfase eventuelt supplere LBS-planen med et Gantt-diagram dersom det skulle være ønskelig fra byggeplass.

Fordelen med å benytte LBS er flere, hvorav proaktiv planlegging er en av de viktigste. Men denne funksjonen er avhengig av at man har en kontinuerlig rapportering fra byggeplass om progresjonen i arbeidet.

Til tross for at resultatet gir et inntrykk av at den nye BIM-koordinatorrollen kun består i å gjøre kvalitetskontroller av modellene, er det viktig at denne rollen besettes av egne folk, og ikke overføres på prosjektleder eller prosjekteringsleder. Grunnen til det er at BIM-koordinatoren i tillegg vil oppleve tekniske problemer med importering og eksportering av filer hos de prosjekterende, og at byggeplass trenger teknisk støtte og opplæring. I tillegg vil det i store prosjekter være mange prosjekterende og mange filer som skal kvalitetskontrolleres, og hvis kvalitetskontrollene gjøres skikkelig vil denne BIM-koordinatorrollen ta tid. Å overføre BIM-koordineringsrollen på prosjektledere og prosjekteringsledere vil dermed ikke være reelt, ettersom disse allerede har ansvar og annet å gjøre.

Oppgaven har valgt å følge buildingSMARTs Prosess' metode for å betrakte implementeringen av 4- og 5D BIM i denne oppgaven, grunnen til det er at

oppgaven fokuserte mer på prosessene som foregår i Reinertsen, og hvordan disse kan forbedres med bruken av 4- og 5D BIM. Det va også ønskelig å begrense oppgaven til selve BIM, og ikke se på hvordan hele prosessen med fremdriftsplanlegging kunne blitt gjort annerledes ved for eksempel en VDC-metode. Å inkludere VDC i denne oppgaven kunne vært interessant, men ble ekskludert på grunn av omfanget. Det samme gjelder en IDDS-prosess, hvor man ville sett mer på hvordan man ser mer på det organisatoriske rundt en 4- og 5D BIM-implementering.

## 8. KONKLUSJON

Det foreligger flere utfordringer med å implementere 4- og 5D BIM hos en totalentreprenør som Reinertsen, hvorav de største er investeringskostnader, omfattende metodeendringer, større krav til kvalitet på modeller i en tidlig fase og tydeligere krav til de prosjekterende. Til tross for at disse utfordringene er store, finnes det løsninger for disse problemene:

Gjennom bruk av 4- og 5D BIM-programmer som Vico Office Suite kan Reinertsen utnytte sin posisjon som totalentreprenør til å lage interne prosesser for å optimalisere effektiviteten i prosjektering, bygging og prosjektstyring.

Med buildingSMART Prosess kan effektiviteten optimaliseres, gjennom tydelige prosesskart med definerte ansvarsområder og aktivitetsbetydeligheter med dokumentleveranser. 4- og 5D BIM med Vico Office Suite gir muligheter for å utnytte de eksisterende 3D BIM som lages av de prosjekterende til å lage kalkyler og fremdriftsplaner på en mer effektiv måte. Måten det skjer på er at man i stedet for å beregne mengder fra tegninger kan hente ut mengder og objektsinformasjon direkte fra modellen, og man kan koble informasjon om kostnader og tid til de forskjellige objektene. Med denne koblingen på plass vil kalkyler og fremdriftsplaner bli mer korrekt og mer effektiv.

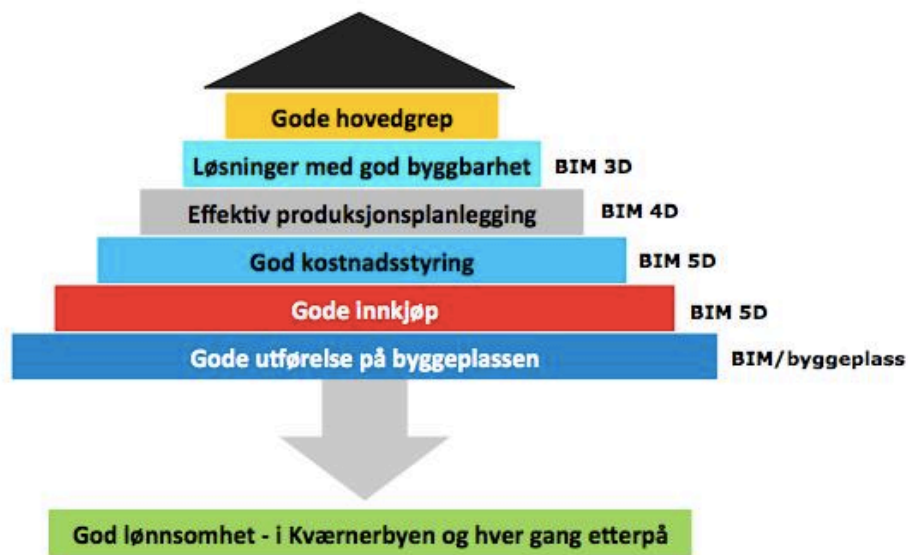
Gjennom 4D BIM kan man også benytte seg av Modellbasert Planlegging (LBS), som er en todimensjonal måte å planlegge på, hvor man i tillegg til tidsaspektet også har geografiske soner. Dette gjør at man kan unngå, samt at det gir et bedre innblikk i hvordan man kan få en effektiv bygging i de forskjellige sonene. "Skråstrekplanleggingen" i LBS gir også muligheter for bedre logistikk i prosjektet ved at man ser hva som skjer hvor til enhver tid, og man kan dermed foreta innkjøp til riktig tid. Erfaringer fra andre prosjekter som har brukt LBS og Vico har vist at man kan forkorte byggetiden med 15-20%, og at prosjektering og kalkulering/fremdriftsplanlegging kan effektiviseres i stor grad i forhold til mer tradisjonelle metoder. LBS gir også muligheten til å være proaktiv i fremdriftsplanleggingen, og man kan enkelt se effekten av å øke antallet arbeidere på en aktivitet. LBS kan også gi bedre erfaringsdata, men det avhenger av at byggeplasspersonale er flinke til å rapportere fremdriften i prosessen jevnlig, og at man benytter seg av de verktøyene man har.

4- og 5D BIM gir også muligheten til å sette seniorkunnskap i system ved at man implementerer den i dokumentleveranser og i utformingen av buildingSMART Prosess.

For å henge med i markedet hvor 4- og 5D BIM etter hvert blir en del av hverdagen er det viktig å kjøre pilotprosjektene, så man ikke blir en teknologisk utdatert.

4- og 5D BIM som arbeidsmetode kan effektivisere og kvalitetssikre fremdriftsplanleggingen og kostnadsstyringen i Reinertsen, gjennom å bruke buildingSMART Prosess og ha dokumentleveranseplaner i bunn. Prosessen vil gi mer pålitelige mengder, som igjen gir bedre innkjøp, planlegging og kostnadsstyring.

Med god fremdriftsrapportering fra byggeplass og en utnyttelse av BIM'ens funksjoner vil man oppnå god lønnsomhet i totalentrepriser som Kværnerbyen, og andre 4- og 5D prosjekter.



**Figur 30 Muligheter for BIMen i Reinertsen**



## 9. ETTERORD OG VIDERE FORSKNING

Siden denne oppgaven kun har fokusert på prosjekteringsdelen kan det også være interessant å se videre på byggeplassdelen. Som skrevet i oppgaven bruker prosjekteringsavdelingen mye kortere tid på å implementere ny teknologi enn byggeplass. For at dette systemet skal virke, er man avhengig av god BIM-utførelse på byggeplass, blant annet med registrering av fremdrift. Det kan derfor være interessant å se mer på hvordan man skaper en god BIM-kultur på byggeplass.

Det ville også være interessant å se mer på implementeringen av 5D i et prosjekt, siden det har i denne oppgaven også blitt sett bort fra store deler av det som angår økonomi, med tanke på innkjøpsprosessen og kalkulasjon. Med en fungerende skråstrekkplanlegging vil det gi muligheter for blant annet innkjøp til å gjøre bedre timede innkjøp i forhold til hvor langt de faktisk har kommet på byggeplass. Vet man for eksempel at det er tre ukers leveringstid på hulldekker, og det er tre uker til 2. etasje trenger etasjeskillere, er det muligheter for å få en bedre logistikk på byggeplass. Dette vil gi muligheter for kortere lagring på byggeplass, og behovet for lagringsplass på byggeplass minker.

Det sentrale i denne oppgaven har vært å se på BIM-implementeringen i en buildingSMART-sammenheng. Det kunne også vært spennende å se på bruken av BIM i et større bilde, som gjennom IDDS hvor BIM bare er en liten del av systemet, og en nærmere vurdering av fremdriftsplanleggingen og BIM i et VDC-system.

## KILDER

Bjoland, V. S. (2012). *Samtaler med RIB i Reinertsen AS*. Reinertsens lokaler på Lysaker (14.november 2012).

Blom, G. (2011). *5D Byggeprosess - Modellbasert prosjektstyring*. Masteroppgave. Trondheim: NTNU, Institutt for Konstruksjonsteknikk. 56 s.

buildingSMART. *IFD-figur*. Tilgjengelig fra: <http://dev.ifd-library.org/images/c/c8/lfd1a.png> (lest 15.nov).

buildingSMART. (2011). *IFC - Industry Foundation Classes*. Tilgjengelig fra: [http://www.ifcwiki.org/index.php/Main\\_Page](http://www.ifcwiki.org/index.php/Main_Page) (lest 9.okt).

buildingSMART. (2012a). *bSN Prosess 3 - Bruk av BIM til kollisjonskontroll*. 14 s.

buildingSMART. (2012b). *bSN Prosess 4 - Bruk av BIM i kostnadskalkyle*. 13 s.

buildingSMART. (2012c). *bSN Prosess 5 - Bruk av BIM til fremdrift og ressursstyring (4D)*. 10 s.

buildingSMART. (2012d). *buildingSMART Prosess (IDM)*. Tilgjengelig fra: <http://www.buildingsmart.no/standarder/buildingsmart-prosess> (lest 25.november).

buildingSMART. (2012e). *buildingSMART Standardene*. Tilgjengelig fra: <http://www.buildingsmart.no/buildingsmart> (lest 20.november).

buildingSMART. (2012f). *Data Dictionary - International Framework for Dictionaries (IFD)*. Tilgjengelig fra: <http://buildingsmart.com/standards/ifd> (lest 15.november).

buildingSMART. (2012g). *åpenBIM datautvekslingskrav - ER bSNP forenklet spesifikasjon*. 1 s.

Einjord, A. & Larsen, J. (2012). *Hvordan implementere BIM i byggebransjen?* Masteroppgave. Trondheim: Høgskolen i Sør-Trøndelag, Avdeling Trondheim Økonomiske Høgskole. 125 s.

Galåen, H. G. (2012). *Samtaler med kalkulatør i Reinertsen AS*.

Graphisoft. (2012). *IFC support*. Tilgjengelig fra: [http://www.graphisoft.com/products/virtual\\_building/interoperability/](http://www.graphisoft.com/products/virtual_building/interoperability/) (lest 20.november).

- Guðmundsson, J. h. O. r. & Sigurðsson, H. r. (2010). *Operation of Model-based Location-Based Scheduling in a Infrastructure Project*. Masteroppgave. Lyndby, Danmark: Technical University of Denmark, Department of Management Engineering 132 s.
- Guðmundsson, J. h. O. r. (2012). *Samtaler med BIM-utvikler/veilder i REINERTSEN AS*.
- Haugen, A. (2012). *Samtaler med arkitekt i tegn\_3*. Reinertsen/tegn\_3s lokaler på Lysaker (14.november 2012).
- Hjelseth, E. (2012). *Samtaler med utdanningskoordinator i BuildingSmart Ås* (05/10/12).
- Jarle, I. (2009). *Oppdrags- og prosjektledelse - Del 1: Prosjektstyring - planlegging og oppfølging av prosjekter*. 1.utgave utg., b. 2.opplag: Elforlaget.
- Karlshøj, J. (2011, 3.november). *Information Delivery Manual (IDM)*. Nordic IDM/MDV Workshop, s. 12: buildingSMART.
- Kuntz, J. & Fischer, M. (2012). *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. Stanford University, Version 14: January 2012: 53.
- Levitt, R., Kartam, N. & Kunz, J. (1988). *Artificial Intelligence Techniques for Generating Construction Project Plans*. *Journal of Construction Engineering and Management*, vol.114 (issue 3): 329-343.
- Mossman, A. (2009). *Last Planner - collaborative conversations for reliable design and construction delivery*. 15.
- Owen, R. (2009). *CIB White Paper on IDDS - Integrated Design & Delivery Solutions*. CIB, Publication 328: 17.
- P Coder. (2012). *CPM - A tough example*. Tilgjengelig fra: <http://www.pcoder.net/cpm-a-tough-example/> - axzz2Dv3IXnwc (lest 15.nov).
- Penn State University. (2011). *BIM Project Execution Planning Guide Version 2.1*. Pennsylvania, PA, USA: The Pennsylvania State University. 135 s.
- Ramstad, K. (2011). *Bygnings Informasjons Modell(BIM) og Fremdriftsplanlegging av Produksjon*. Masteroppgave. Ås: Universitetet for Miljø- og Biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 65 s.
- Reinertsen AS. (2012a). *Engineering Arkitekt Land*. Tilgjengelig fra: <http://www.reinertsen.no/engineering-arkitekt-land-> (lest 12.okt).

- Reinertsen AS. (2012b). *Entreprenør*. Tilgjengelig fra: <http://www.reinertsen.no/entreprenor> (lest 12.okt).
- Reinertsen AS. (2012c). *REINERTSEN Landbasert*. Tilgjengelig fra: <http://www.reinertsen.no/landbasert> (lest 12.okt).
- Reinertsen AS. (2012d). *REINERTSEN Olje og Gass*. Tilgjengelig fra: <http://www.reinertsen.no/olje-og-gass> (lest 10.okt).
- Reinertsen AS. (2012e). Reinertsens BIM-plan for prosjektet "Kvæernerbyen E3".
- Reinertsen AS. (2012f). *Store Landprosjekter*. Tilgjengelig fra: <http://www.reinertsen.no/store-landprosjekter> (lest 10.okt).
- Reinertsen AS. (2012g). *Undersøkelse blandt ansatte hos Reinertsen utført av Torbjørn Nordal*.
- Reinertsen AS & tegn 3. (2012). *BIM - manual*, b. 24/02/2012. Oslo: Reinertsen.
- Spannagel, C. (2012). *Samtaler med Prosjektleder i Reinertsen AS* (27.november).
- Sriprasert, E. & Dawood, N. (2002). *Requirements identification for 4d constraint-based construction planning and control system*. Masteroppgave. Middlesbrough: University of Teesside, Center for Construction Innovation Research.
- Statsbygg. *BIM - En kortfattet innføring*. Tilgjengelig fra: <http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/BIM-Bygninginformasjonsmodell/BIM-En-kortfattet-innforing/> (lest 10.sept).
- Tommelein, P. I. D. (2001). *Lean Construction*. Berkeley University: Berkeley University. Tilgjengelig fra: <http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/lean.htm> (lest 23.okt).
- Veidekke. (2011). *Presentasjon VDC*. Den Kloke Tegning 2011, s. 46.
- Vico Software. *5D BIM*. Tilgjengelig fra: <http://www.vicosoftware.com/what-is-5D-BIM/tabid/88207/Default.aspx> (lest 10.sept).
- Vico Software. (2012a). *About us*. Tilgjengelig fra: <http://www.vicosoftware.com/bim-construction-software/company/tabid/46372/Default.aspx> (lest 20.november).
- Vico Software. (2012b). *Vico Office Suite*. Tilgjengelig fra: <http://www.vicosoftware.com/products/Vico-Office/tabid/85286/Default.aspx> (lest 20.nov).


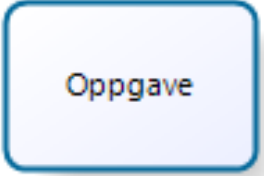


- Vico Software. (2012c, 8.november 2012). *Vico Seminar - foredrag fra Vico samt BIM-ansvarlige i bla. Veidekke og PEAB*. Vico Seminarium Stockholm, Stockholm.
- Vico Software. (2012d). *Vico Software Introduces Vico Office R3*. Tilgjengelig fra: <http://www.vicosoftware.com/0/vico-office-R3-BIM-software-for-construction/tabid/229424/Default.aspx> (lest 20.november).
- Wikipedia. (2012). *Gantt chart*. Tilgjengelig fra: [http://en.wikipedia.org/wiki/Gantt\\_chart](http://en.wikipedia.org/wiki/Gantt_chart) (lest 16.nov).
- Woodworth, B. M. & Shanahan, S. (1988). Identifying the critical sequence in a resource constrained project. *International Journal of Project Management*, vol.6 (issue 2): 89-96.

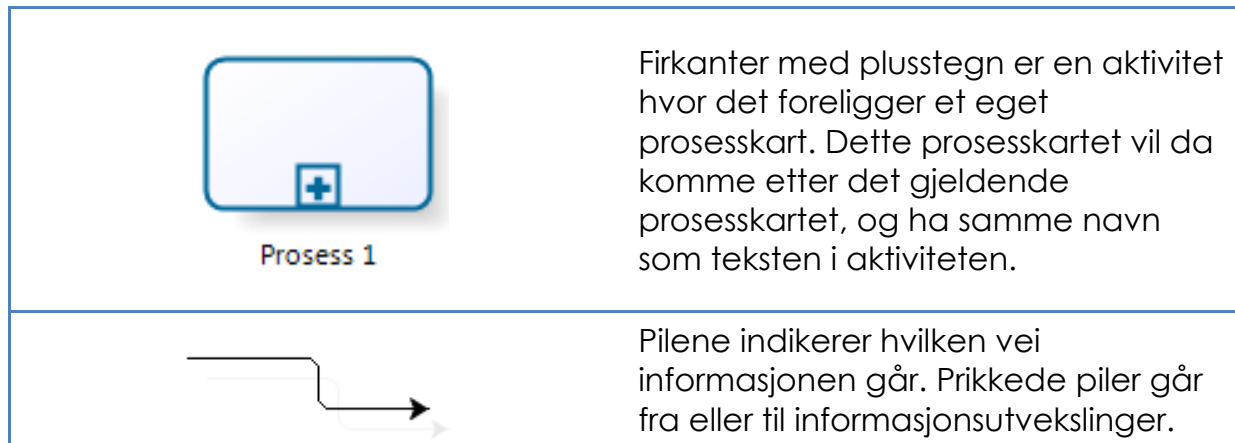


## VEDLEGG 1 – HVORDAN LESE PROSESSKART

I denne oppgaven har det blitt laget flere prosesskart for å beskrive informasjonsutvekslingen. Disse prosesskartene har et eget oppsett og egne figurer som man må bør kjenne til for å kunne forstå de.

Figurene i disse prosesskartene er som følger:

Figur	Beskrivelse
	<p>Banene oppgavene ligger i viser hvem som har eierskapet og ansvaret for aktiviteten eller informasjonsutvekslingen. Navnet på eieren står angitt i ruten til venstre</p>
	<p>Rektangelet er en aktivitet. Denne aktiviteten kan være hva som helst. Teksten i rektangelet indikerer hva aktiviteten omhandler. En aktivitet kan være beregninger, modellering etc.</p>
	<p>Dokumentet er en informasjonsutveksling. Teksten under dokumentet indikerer hva denne informasjonsutvekslingen inneholder. Dette kan være rapporter, modell-filer etc.</p>
	<p>Firkanten er en avgjørelse. Ved disse boksene må man ta en avgjørelse i forhold til problemstillingen under boksen. Avgjørelsene består som regel i å velge enten "ja" eller "nei".</p>



I denne oppgaven vil kun de mest komplekse aktivitetene bli nærmere beskrevet. Disse aktiviteter vil ha en tabell under prosesskartet. Aktivitetene vil være ha bokstaven "PM", for "Prosess Modell", samt et tall som identifiserer prosesskartet og et tall som identifiserer oppgaven. For eksempel:

- "PM 1.1: Modellering av prosjekterende"



## VEDLEGG 2 – FORSLAG OBJEKTNAV N I BYGG

PART	Lagret under	NAME	MATERIAL	CLASS	Farge	FAG	BYGNINGS- DELSKODE	PART		ASSEMBLY	
								PREFIX	START- NR	PREFIX	IFC ENTITY
Plater	Plate	PLATE	S355J2	10	grønn	07	223	P	1001	A	ifcPLATE
Bjelker	Beam	BEAM	S355J2	11	Lys blå	07	223	P	101	B	ifcBEAM
Hatteprofiler	HSQ	BEAM	S355J2	12	Rosa	07	223	P	1001	H	ifcBEAM
Søyler	Column	COLUMN	S355NH	16	Rød	07	223	P	101	S	ifcCOLUMN
Søyler kaldf	Column_cldfm	COLUMN	S355J2H	16	Rød	07	223	P	101	S	ifcCOLUMN
Klakk	Console	CONSOLE	S355J2	10	grønn	07	223	P	101	K	ifcPLATE
Fagverk	Truss	TRUSS	S355J2	14	Blå	07	223	P	101	F	ifcBEAM
Skråstag etc	Bracing	BRACING	S355J2	13	Orange	07	223	P	101	D	ifcBEAM
Innstøpningsgods	Castin	CASTIN	S355J2	34	Gul	07	225	P	1	I	ifcPLATE
Punktfundament	Padfooting	PADFOOTING	B30	22	Svart	05	214	C	1		ifcFOOTING
Banketter	Stripfooting	STRIPFOOTING	B30	29	Grå	05	214	C	1		ifcFOOTING
Ringmur	Ringmur	RINGMUR	B30	22	Svart	05	222	C	1		ifcWALL
Pilaster	Pilaster	PILASTER	B30	29	Grå	05	225	C	1		ifcWALL
Betong søyler	Column	CONRCOLUMN	B30	27	Orange	05	223	CC	1		ifcCOLUMN
Betong bjelker	Beam	CONCRBEAM	B30	25	Blå	05	223	CB	1		ifc BEAM
Betong vegg	Wall	PANEL	B30	29		05	225	C	1		ifcWALL
Hulldekker	HD	SLAB	C45/60	23	Vinrød	06	224	C	1		ifcSLAB
Gulv på grunn	Gulvgrunn	SLAB	B30	29	Grå	05	221	C	1		ifcSLAB
Frittstående dekke	Slab	SLAB	B30	21	Lilla	05	224	C	1		ifcSLAB
Peler betong	Pile	PILE	B30	31		04	215	P	101	P	ifcPILE
Peler stål	Pile	PILE	S355J2	38		04	215	P	101	P	ifcPILE
Armering	Rebar	REBAR	B500NC	44	Rød	05	220	R	1		
Armering bøyer	Stirrup	STIRRUP	B500NC	45	Grønn	05	220	R	1		
Armering løpemeter	Løpemeter	LM	B500NC	46	Blå	05	220	LM	1		
Armeringsnett	Mesh	MESH	B500NA	47	Gul	05	220	M	1		
Bærende betongvegg	Bearing Wall	BPANEL	B30	29		05	225	C	1		ifcWALL

## VEDLEGG 3 – KVALITETSKONTROLLSKJEMA

8.4. KONTROLL AV MODELL Følgende tester skal legges til grunn i løpet av prosjekteringen.	Utført Ja/ Nei
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sjekk av 0-punkt. Det er avgjørende at man er enig om felles 0-punkt, vridning i forhold til faktisk nord og høyde på etasjer i forhold til referansenivå. Hvert fag bør sjekke at 0-punkt er korrekt før de sender fra seg modell.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Samsvar i hovedoppbygning av modell. Etasjenivå satt til samme høyde. Akser og 0-punkt stemmer overens. Navngiving av prosjekt, bygg, etasjer, akser er korrekt og lik for alle fag.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Oppbygningen av modellen er i henhold til BIM-leveranseplanen for den aktuelle fasen. De ulike bygningsdelene som skal være med i fasen er modellert.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Visuell kontroll av IFC-eksport. Kan gjøres i Solibri IFC viewer.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rett verktøy benyttet til modellering av bygningselement.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontroller navngiving og parametre gitt til de ulike objektene i modellen. Lag objektlisten tidlig i prosjektet for å ha kontroll på dette.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Det skal kontrolleres at de ulike bygningselementene møtes på rett måte, slik det skal bygges. F eks at vegger og søyler går opp til gulv, eller gjennom.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Det skal undersøkes at de ulike objektene har rett oppbygning i forhold til krav. Dette kan være at yttervegg har rett tykkelse og rett oppbygning, eller at dimensjonene på ventilasjonsrør er korrekt i forhold til angitte luftmengder.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Det skal kontrolleres at viktige elementer som er ivaretatt iht myndighetskrav. Dette kan være vindusareal, universell utforming, snølast etc.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Finn, identifiser og eventuelt filtrer ut doble objekter. ARK og RIB vil for eksempel ofte ha behov for å modellere de samme bæreveggene i f eks betong. Ved eksport bør disse filtreres ut eller man må ha en prosedyre for å sikre at de ikke blir mengdet dobbelt.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontroll av romobjekter Kontroller at alle romobjekter har korrekt navnsetting. At de har rett høyde og at de ikke overlapper med hverandre eller romavgrensende romobjekter. Ved å generere en romliste kan man raskt få svar på overlappende objekter og rom som er slettet, men som fortsatt eksisterer i modellen.</li> </ul>	

# VEDLEGG 4 – SKJERMDUMP AV KALKULASJON I MAP OG VICO

Item	Quantity	Unit	Price	Total
<b>Selvkostkalkyle</b>	<b>39570</b>		<b>29 679 890</b>	<b>115 332 312</b>
11 Kjølgang osv.	4	5 962 513	15 151 484	49 499 279
20 Bygning, generelt	15246	10 964 658	37 403 171	53 402 253
21 Grunn og fundamenter	8830	7 400 080	7 400 080	7 400 080
23 Yttervegger	8830	9 450 930	31 990 103	44 354 961
<b>06.23.10 BETONGELEMENTER</b>				
06 23 106 23			1 RS	26 000K
46472			1 RS	1 000 000
46472			1 RS	27 000K
<b>09.23.1 SØKKEI SOM BÆRING FOR TEGL</b>				
09 23 109 23			419 lm	810,00
46472			419/m	339 350K
<b>09.23.2 ISOLERING AV VEGGER MED PLATER ELLER RULLER AV MINERALULL</b>				
09 23 109 23			4 782 m2	150,00
46472			4782/m2	717 300K
<b>09.23.3 BLINDKARMER</b>				
09 23 109 23			500 stk	900,00
46472			500/stk	450 000K
<b>09.23.4 FORBLENING MED ISOLASJON</b>				
09 23 109 23			1 m2	3 500 000
46472			1RS	200 000
46472			1RS	3 700 000
<b>12.23.091</b>				
12 23 109 23			960 m	148,82
09 006			960 m	86 218
09 007			960 m	37 308
09 008			960 m	8 906
09 009			960 m	10 395

## Skjermdump fra MAP

5.23	Yttervegger		1,00	1,000	1,00	-	0,00
5.23.10	Forskaling av yttervegger		3 869,47	1,000	3 869,47	m2	252,00
46468(3)	Forbruksmaterieil ifm forskaling		3 869,47	0,000	0,00	-	25,00
50100(4)	Forskalingsekker		3 869,47	0,840	3 250,35	time	300,00
46476(30)	Forskalingsmatriell		3 869,47	0,000	0,00	m2	200,00
5.23.11	Komplett armering av vegger. ARMERINGSKLASSE: B500NA DIAMETER: 12 mm		53 019,03	1,000	53 019,03	kg	6,50
50100(3)	Jernbinder		53 019,03	0,020	1 060,38	time	300,00
46468(1)	Forbruksmaterieil		53 019,03	1,000	53 019,03	kg	0,50
46461	ARMERING MED KAMSTENGER KLASSE C 12 mm Armering av yttervegg under terreng. Det er regnet		53 019,03	0,000	0,00	kg	6,10
5.23.12	Betong i vegger. FASTHET SKLASSE: B35		481,99	1,000	481,99	m3	275,00
46468(2)	Hjelpematerieil		481,99	0,000	0,00	m3	25,00
46460(1)	Ferdigbetong B35		481,99	0,000	0,00	m3	896,00
46460	Betongpumpe		481,99	1,000	481,99	time	50,00
50100(1)	Betongarbeider		481,99	0,750	361,49	time	300,00
5.23.13	Utsparing for dør. FORSKALING AV UTSPARINGER Dimensjoner: 50x21M		1,00	1,000	1,00	stk	900,00
50100(4)	Forskalingsekker		1,00	3,000	3,00	time	300,00
46468(6)	Hjelpematerieil		1,00	0,000	0,00	RS	500,00
5.23.14	Isolering av kjellervegg: EPS 100 mm		1 857,93	1,000	1 857,93	m2	27,00
46470(1)	XPS Styrofoam 250 SL-A-N 100mm		1 857,93	0,000	0,00	m3	158,93
50100(1)	Betongarbeider		1 857,93	0,090	167,21	time	300,00
5.23.15	Knasteplast, som vannetting av kjellervegg		1 931,76	1,000	1 931,76	m2	0,00
46470(5)	Platon		1 931,76	0,000	0,00	-	50,00
50100(1)	Betongarbeider		1 931,76	0,000	0,00	time	300,00
5.23.16	Forskaling av støttemur		197,30	1,000	197,30	m2	435,00
46468(3)	Forbruksmaterieil ifm forskaling		197,30	1,000	197,30	-	25,00
50100(4)	Forskalingsekker		197,30	0,700	138,11	time	300,00
46476(30)	Forskalingsmatriell		197,30	1,000	197,30	m2	200,00
5.23.17	Komplett armering av støttemur		4 054,83	1,000	4 054,83	kg	12,60
50100(3)	Jernbinder		4 054,83	0,020	81,10	time	300,00
46468(1)	Forbruksmaterieil		4 054,83	1,000	4 054,83	kg	0,50
46461	ARMERING MED KAMSTENGER KLASSE C 12 mm Armering av yttervegg under terreng. Det er regnet		4 054,83	1,000	4 054,83	kg	6,10
5.23.18	Betong i støttemur		33,79	1,000	33,79	m3	1 181,00
46468(2)	Hjelpematerieil		33,79	1,000	33,79	m3	25,00
46460(1)	Ferdigbetong B35		33,79	1,000	33,79	m3	896,00
46460	Betongpumpe		33,79	1,000	33,79	time	50,00
50100(1)	Betongarbeider		33,79	0,700	23,65	time	300,00
5.24	Innervegger		1,00	1,000	1,00	-	0,00

## Skjermdump fra Vico Office Suite

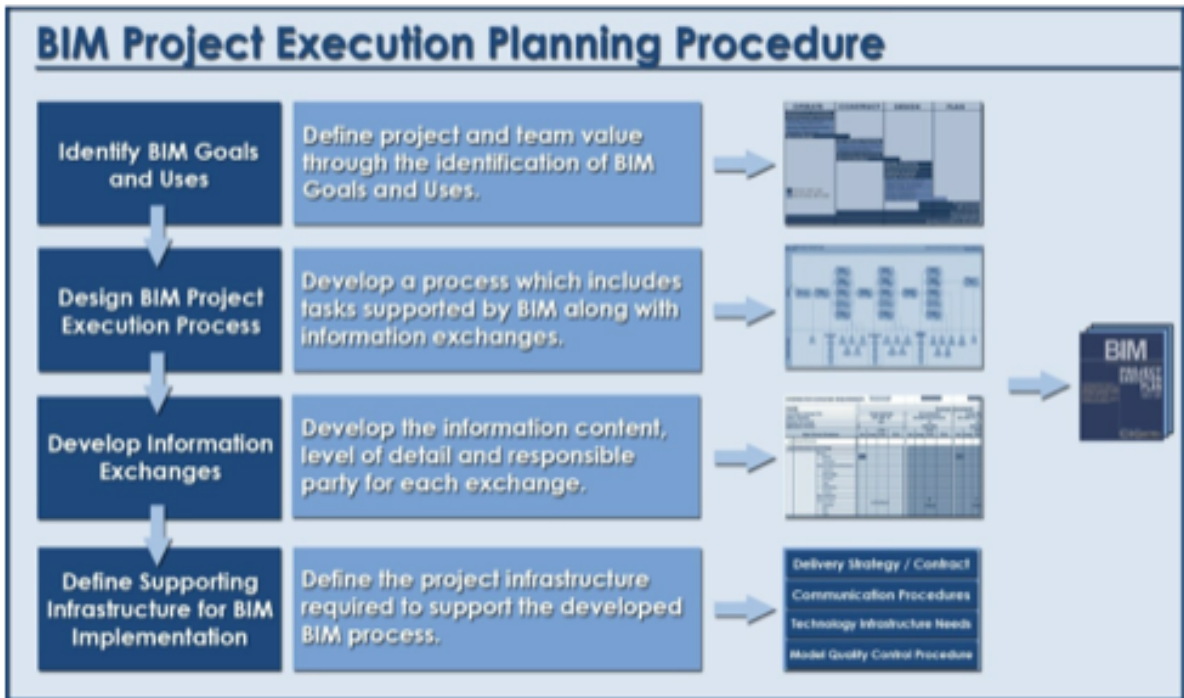
## VEDLEGG 5 – BIM EXECUTION PLAN

Heftet "BIM Plan Execution Manual version 2.1" av Penn State University (2011) sier at man for å effektivt skal kunne integrere BIM i et prosjekt, må man lage en så detaljert som mulig utførelsesplan ("execution plan") for implementeringen av BIM. En BIM-utførelsesplan ("BIM Execution Plan"), heretter bare referert til som BIM-plan, sammenstiller den overordnede visjonen i prosjektet sammen med implementeringsdetaljene for BIM. Heftet (Penn State University 2011) sier videre at BIM-planen bør utvikles på et tidlig stadium av prosjektet, for så å bli kontinuerlig utviklet, revidert og oppdatert etterhvert som nye deltagere blir med i prosjektet. BIM-planen skal definere BIM-implementeringene i prosjektet, samt identifisere prosessflyten for BIM-oppgaver, definere informasjonsutvekslingen mellom partene og beskrive den nødvendige prosjekt- og bedriftsinfrastrukturen som trengs for å støtte BIM-implementeringen.

Penn State University (2011) sier at man gjennom å utvikle denne BIM-planen vil gi prosjektet og prosjektdeltakerne følgende verdi:

- Alle deltakerne vil forstå og kunne kommunisere de strategiske målene for BIM-implementeringen av prosjektet.
- Organisasjonen vil kjenne sine roller og sitt ansvar i implementeringen
- Teamet vil kunne å lage utførelsesprosess som er godt tilpasset for hvert teammedlems kunnskaper
- Planen vil fremheve eventuelle behov for resurser, opplæring og andre nødvendige kompetanser som er nødvendige for å få implementert BIM for den tiltenkte bruken
- Planen vil gi en målestokk for beskrivelsen av prosessen for fremtidige prosjektdeltagere
- Innkjøpsavdelingen vil ha mulighet til å definere kontraktspråket for å forsikre at alle prosjektdeltagerne oppfyller sine krav
- Den opprinnelige planen vil gi en mål for å måle fremgangen gjennom hele prosjektet

BIM-planen består av 4 steg. Disse stegene er laget for å sørge for at prosjektets deltagere gjennom en strukturert prosess skal kunne lage en nøyaktig og konsistent BIM-plan (Penn State University 2011). Disse fire stegene er:



### "BIM Project Execution Planning Procedure" (Penn State University 2011)

- Identifisering av BIM-målene og bruken av BIM
- Designe prosessen for BIM-prosjektets utførelse
- Lage et informasjonssystem
- Definere støttende infrastruktur for BIM-implementeringen

Identifiseringen av BIM-målene og bruken av BIM i prosjektet er en av de viktigste stegene. Her defineres den potensielle verdien BIM skal ha i prosjektet, og de overordnede målene for implementeringen av BIM blir satt. Disse målene kan bli basert på prosjektets ytelse og inkludere mål som:

1. Tidsreduksjon i prosjektet
2. Høyere produktivitet på byggeplass
3. Økt kvalitet i prosjektet
4. Reduserte kostnader på endringer
5. Gi mer og bedre erfaringsdata
6. Illustrere kommunikasjonen rundt BIM i bedriften

Bruken av BIM kan være:

- Krasjkontroll
- 4D-modellering
- kostandsestimering
- Mengdeuttak

Når man har funnet ut hvilke mål og bruk man vil ha for BIM, kan man lage en grafisk kartlegging av prosessene for BIM implementeringen. Disse oversiktene lages først i høye nivåer, for konkretiseres i mer detaljerte planer. Når disse planene er laget kan man sette opp en oversikt over hvordan informasjonsutvekslingen skal foregå.

Til slutt definerer man hva slags informasjon som skal leveres i BIM, hvilket format den skal ha, hvordan man skal kvalitetssikre informasjonsmodeller, hvilke programmer man har som man kan bruke, og hvilke programmer man eventuelt trenger for å gjennomføre BIM-planen. Rett og slett infrastrukturen.

Når BIM-planen er ferdig skal den inneholde følgende informasjon (Penn State University 2011):

- BIM-prosjektets gjennomføringsplan: dokumenterer grunnen for å skape en BIM-plan
- Prosjektinformasjon: planen bør inneholde kritisk informasjon som prosjektnumre, prosjektets beliggenhet, prosjektbeskrivelse, og kritiske tidsplaner for fremtidig referanse
- Nøkkelpersoner: som en del av referansen i prosjektet bør den inneholde kontaktinformasjon til nøkkelpersonene
- Prosjekt mål /BIM-mål: denne delen skal dokumentere den strategiske verdien og spesifikke bruksområder for BIM i prosjektet slik det er definert av prosjektgruppen.
- Organisatoriske roller og bemanning: en av de viktigste oppgavene er å definere en koordinator(e) av BIM-planleggingen og gjennomføringsprosessen gjennom prosjektets faser.
- BIM prosessdesign: denne delen skal illustrere utførelsesprosessen gjennom bruk av prosesskart og grafiske fremstillinger.
- BIM informasjonsutveksling: Modellelementene og detaljnivået som kreves for å gjennomføre BIM skal være klart definert her.
- BIMens krav: eierens krav for BIM
- Samarbeidsprosedyrer:
- Kvalitetskontrollprosedyrer av Modellen: en prosedyre for å sikre at prosjektdeltakerne oppfyller de definerte kravene.
- Behov for teknologisk infrastruktur: programvare man har, og hva som trengs.
- Modellstruktur: teamet bør diskutere og dokumentere elementer som modellstruktur, filnavngivning, koordinatsystem og modelleringsstandarder.
- Prosjektleveranser: Teamet skal dokumentere leveranser som kreves av eieren.
- Leveringsstrategi og kontrakter: denne delen skal definere leveringsstrategi som kan brukes på prosjektet.

## VEDLEGG 6 – STØTTE FOR IFC

En av de største utfordringene i BIM, og spesielt i 4- og 5D, er interoperabiliteten mellom programvarene (Weise et al. 2009b). Arbeidet med å kartlegge og standardisere prosesser og utvekslingskrav i forbindelse med 4- og 5D BIM har pågått i flere år. Inpro er et av flere prosjekter hvor man har kartlagt utvekslingskravene og støtten for IFC i en modellbasert fremdriftsplanleggingsprosess (Ramstad 2011). Resultatene av Inpro var blant annet et dokument hvor alle mangler og utvekslingskrav ble kartlagt (Weise et al. 2009a).

Reinertsen benytter seg av flere BIM-programmer i organisasjonen. I denne oppgaven vil det kun bli snakket om noen av disse programmene. Vedlagt til oppgaven finnes det komplette listen over BIM-programmer i Reinertsen. BIM-programmene som det vil bli snakket om i denne oppgaven er:

- Tekla Structures
- Revit Architecture
- Solibri Model Checker
- Vico Office Suite

Tabellen under viser støtten for IFC-formatet IFC2x3. Følgende tegn er brukt for å beskrive støtten for IFC-formatet:

- "++" - ingen mangler
- "+" - støttet av IFC, men ikke helt klar
- "0" - behov for implementeringsavtaler
- "-" - realiserbart, men med mangler eller begrensninger
- "--" - Ikke støttet av IFC-formatet enda

### Støtte for IFC i Reinertsens BIM-programmer (Reinertsen AS 2012)

Program	IFC2x3
Tekla Structures	++
Revit Architecture	++
Solibri Model Checker	++
Vico Office Suite	++

## KILDER VEDLEGG

- Penn State University. (2011). *BIM Project Execution Planning Guide Version 2.1*. Pennsylvania, PA, USA: The Pennsylvania State University. 135 s.
- Ramstad, K. (2011). *Bygnings Informasjons Modell(BIM) og Fremdriftsplanlegging av Produksjon*. Masteroppgave. Ås: Universitetet for Miljø- og Biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 65 s.
- Reinertsen AS. (2012). *Undersøkelse blandt ansatte hos Reinertsen utført av Torbjørn Nordal*.
- Weise, M., Liebich, T., Tulke, J. & Bonsma, P. (2009a). Discussion Paper - IFC Support for Model-based Scheduling. 54.
- Weise, M., Liebich, T., Tulke, J. & Bonsma, P. (2009b). IFC Support for Model-based Scheduling. 8.