

Produksjonsplanlegging med 4D

Jonas Soleng Iversen

Bygg- og miljøteknikk (2 årig)

Innlevert: juni 2013

Hovedveileder: Amund Bruland, BAT

Medveileder: Ben-Stian Unhjem, HENT
Lars C. Christensen, HENT
Tore Kvalen, HENT

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



Oppgavens tittel: Produksjonsplanlegging med 4D Construction Planning with 4D	Dato: 10. juni 2013		
	Antall sider (inkl. bilag): 126		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Jonas Soleng Iversen			
Faglærer/veileder: Amund Bruland			
Eksterne faglige veiledere: Ben Stian Unhjem og Lars Christian Christensen, HENT AS			

<p>Ekstrakt:</p> <p>Oppgaven beskriver bygningsinformasjonsmodellering med fokus på åpenBIM og den fjerde dimensjonen. Herunder presenteres hvilke krav som stilles for oppnåelse av åpenBIM og gjennomføring av den vanlige 4D-prosess samt forslag til en forbedret prosess. Kartlegging av fremgangsmåten til IDM-prosessen danner et grunnlag for utarbeidelsen av den. En grunnleggende teori om den tradisjonelle fremdriftsplanleggingen og planleggingsmetoden beskrives i litteraturstudiet, mens den teoretiske og praktiske gjennomføringen av produksjonsplanleggingen i HENT innhentes fra intervju og studie av interne dokumenter.</p> <p>I produksjonsplanleggingen benytter HENT aktivitetsbaserte planleggingsmetoden med visuell fremvisning i Gantt-diagrammer. Fra teorien krever denne fremstillingen av aktiviteter samtidig beslutning med hensyn på aktivitetens varighet og ressursbruk. Presentasjonen av fremdriftsplanen gjøres for gitte tidsperioder enten med fargestreker i Excel eller Safran, hvor 2D-tegninger visualiserer delene av bygget. Et umiddelbart utbytte av BIM og 4D er visualiseringen av bygget og fremdriftsplanen både under og etter planleggingen.</p> <p>Implementering av 4D-planlegging i produksjonen er kompleks og antas at for en bransje som stadig er under tidspress vil gjennomføringen av implementeringen være en krevende prosess. Til tross for dette vil de positive effektene vil være merkbare med innføring av det. Det anbefales at HENT fortsetter sin BIM-satsning. Men før en beslutning om implementering av 4D tas, bør BIM benyttes i større grad som et visuelt hjelpemiddel og til generell mengdeuttak i dagens prosjekter.</p>
--

Stikkord:

1. BIM
2. 4D
3. Produksjonsplanlegging
4. IDM

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på et 2-årig masterstudium ved Institutt for Bygg, Anlegg og Transport ved Fakultet for Ingeniørvitenskap og Teknologi ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, NTNU. Den er utarbeidet i løpet av vårsemestret 2013, og har en studiebelastning på 30 studiepoeng.

Oppgaven er utført i samarbeid med HENT AS og omhandler bruk av 4D og BIM i produksjonsplanlegging av byggeprosjekter. Bruken av BIM er noe som har interessert meg siden jeg ble kjent med det. Det er et hjelpemiddel som har et stort potensiale både for prosjekterende og utførende, men en optimal utnyttelse av det kan by på flere utfordringer. Noe som spesielt kommer frem i planleggingsarbeidet i produksjonsfasen hvor bruken krever samarbeid mellom flere ulike aktører. I denne masteroppgaven er fokuset lagt til denne fasen og formidler hvordan dette hjelpemiddelet kan være nyttig for HENT AS.

Arbeidet med oppgaven har gitt meg bedre innsikt i temaet og jeg tar med meg mange erfaringer videre. Jeg ønsker å rette en takk til mine eksterne veiledere, Ben Stian Unhjem og Lars Christian Christensen, som har tatt seg tiden i en ellers travel hverdag for å støtte og veiledede meg gjennom denne prosessen.

Til slutt vil jeg takke faglærer og veileder ved NTNU, Amund Bruland.

Trondheim 10.juni 2013



Jonas Soleng Iversen

Sammendrag

Flere av landets største entreprenører er i dag i startgropa når det kommer til innføringen av Bygningsinformasjonsmodell (BIM). De har opprettet BIM-avdelinger og benytter seg av BIM-funksjoner som visualisering, kollisjonskontroll og mengdeuttak. Derfor er det av interesse å utforske hvilke andre muligheter og utfordringer videre implementering av BIM vil by på i produksjonsfasen av byggeprosjekter.

Det er i denne masteroppgaven valgt å samarbeide med entreprenøren HENT AS som i dag bruker BIM aktivt i de aller fleste prosjekter. De benytter seg av blant annet visualisering, kollisjonskontroll av prosjekteringsgrunnlaget og mengdeuttak fra modellen. 4D-planlegging blir sett på som et naturlig steg videre i implementeringen av BIM. Denne bruken av BIM utvikles når det opprettes en forbindelse mellom tid og modellen. Det vil si at fremdriftsplanen kobles sammen med 3D-objektene fra BIM-modellen.

Hovedmålet med masteroppgaven er å undersøke om HENT sine planleggingsprosedyrer er egnet for implementering og bruk av 4D samt utvikle en forenklet IDM. Dette innebærer å undersøke hvilke planleggingsprosedyrer HENT har og hvordan den utføres i praksis. På denne måten kan HENT sine prosedyrer sammenlignes med teorien og om de igjen er kompatible med 4D-prosessen. Metoder benyttet for datainnsamling i oppgaven er litteraturstudie, intervju og casestudie. Dette valget har gjort det mulig å kartlegge mulighetene, utfordringene og effektene av implementeringen av BIM i fremdriftsplanlegging.

Opgaven beskriver bygningsinformasjonsmodellering med fokus på åpenBIM og den fjerde dimensjonen. Herunder presenteres hvilke krav som stilles for oppnåelse av åpenBIM og gjennomføring av den vanlige 4D-prosess samt forslag til en forbedret prosess. Kartlegging av fremgangsmåten til IDM-prosessen danner et grunnlag for utarbeidelsen av den. En grunnleggende teori om den tradisjonelle fremdriftsplanleggingen og planleggingsmetoden beskrives i litteraturstudiet, mens den teoretiske og praktiske gjennomføringen av produksjonsplanleggingen i HENT innhentes fra intervju og studie av interne dokumenter.

I produksjonsplanleggingen benytter HENT aktivitetsbaserte planleggingsmetoden med visuell fremvisning i Gantt-diagrammer. Fra teorien krever denne fremstillin-

gen av aktiviteter samtidig beslutning med hensyn på aktivitetens varighet og ressursbruk. Presentasjonen av fremdriftsplanen gjøres for gitte tidsperioder enten med fargestreker i Excel eller Safran, hvor 2D-tegninger visualiserer delene av bygget. Et umiddelbart utbytte av BIM og 4D er visualiseringen av bygget og fremdriftsplanen både under og etter planleggingen.

Fra casestudie fremstår BIM-grunnlaget for prosjektet som godt, noe som gir mulighet for mengdeuttak og kollisjonskontroller i produksjonen. Men for å videreføre bruken av BIM til 4D-planlegging, bør følgende elementer bli tatt i betraktning. Implementering av 4D vil kreve at HENT fører et tettere samarbeid med aktørene i prosjektene både internt og eksternt. Det må tas en avgjørelse om hvilket 4D-verktøy som skal benyttes og i hvilken grad det skal gjøres. Samtidig må planleggerne få opplæring i bruken av det aktuelle 4D-verktøyet samt en forståelse for arbeidsprosessen. Det er også nødvendig med bistand fra teknikker eller ekstern rådgiver om det støtes på utfordringer eller problemer under bruken av 4D-verktøyet. For å kunne benytte 4D-planen til videre kontroll og styring er det en forutsetning at planen kan oppdateres i takt med eventuelle endringer i fremdriftsplanen og oppdateringer av BIM-modellene.

Den forenklete IDMen kartlegger 4D-prosessen og setter krav til utvekslingen av informasjon mellom aktørene i den. Prosessen innfører mengdeuttak fra modellene, uttak av timeverk og ressursplanlegging. Videre åpner den for en gradvis kobling mellom aktivitetene og 3D-objektene slik at kontroll og verifisering av den foreløpige fremdriftsplanen blir mulig. En innføring av ressursplanlegging i planleggingsprosessen vil åpne for en bedre evaluering av ressursbruken samt danne et mer korrekt bilde av den. På denne måten kan planleggeren beregne nøyaktig og realistisk varigheter for aktivitetene. Dette bidrar til en realistisk og kvalitetssikker 4D-simulering.

Implementering av 4D-planlegging i produksjonen er kompleks og antas at for en bransje som stadig er under tidspress vil gjennomføringen av implementeringen være en krevende prosess. Til tross for dette vil de positive effektene vil være merkbare med innføring av det. Det anbefales at HENT fortsetter sin BIM-satsning. Men før en beslutning om implementering av 4D tas, bør BIM benyttes i større grad som et visuelt hjelpemiddel og til generell mengdeuttak i dagens prosjekter.

Summary

Several of the big Norwegian contractors are today at the starting point of implementing and using Building Information Model (BIM). They have set up individual BIM-departments and have taken use of BIM-features like visualization, collision controls and quantity takeoff. Hence there is an interest to explore what other opportunities and challenges further implementation of BIM will offer the production stage of construction projects.

It is during this thesis chosen to collaborate with the contractor HENT AS, who currently is using BIM in the vast majority of projects. They are making use of visualization, collision control of the design basis and quantity takeoff from the model. The use of 4D-planning is seen as a natural step forward in the implementation of BIM. This function of BIM develops when a connection is made between time and the model. The schedule is linked together with the BIM models 3D objects.

The main object of the thesis is to investigate whether HENT AS planning procedures are suitable for the implementation and use of 4D and develop a simplified IDM. This involves examining HENTs planning procedures and how it is carried out in practice. In this way HENTs procedures are compared with one presented in theory and whether they are compatible with the 4D process. The methods used for data gathering are literature review, interviews and a case study. The selection of methods has made it possible to identify opportunities, challenges and effects of implementing BIM in construction planning.

The thesis describes the BIM with the focus on OPENBIM and the fourth dimension. Including what the requirements is for obtaining OPENBIM and implementation of the regular 4D process and a proposed an improved process. Further a mapping of the procedure to the IDM process forms a basis for the drafting of it. Description of the basic traditional construction planning is obtained in the literature study, while the theoretical and practical implementation of construction planning in HENT is obtained from interviews and study of internal documents.

The programming technique used by HENT for construction planning is an activity based method with a visual display in Gantt-charts. From theory the preparation of activities requires simultaneously decision with respect to task duration

and resource usage. The presentation of the schedule is done for given periods of the time either with colour lines in Excel or Safran, where 2D drawings visualize the relevant section of the building. The immediate benefit of BIM and 4D is visualisation of the building and the schedule, both during and after planning.

From the case study the BIM-models foundation stands out as being good, which allows the models to be used for quantity takeoff and collision control in the production of the building. But to continue the use of BIM to 4D-planning, the following elements should be taken into account. A decision on which 4D tools that should be used and to what extent it should be done. Planners must understand the 4D work process and be trained in the use of the specific 4D tool. It is also necessary to have assistance from external advisors or technician if the planners encounter any challenges or problems using the 4D tool. In order to use the plan further for control and management, it is essential that the plan can be updated in line with any changes in the schedule and updates of the BIM-models.

The 4D process is identified in the simplified IDM were the requirements for the exchange of information between the different actors also are identified. The process introduces quantity takeoff from the models, extraction of man-hours and resource planning. Furthermore, the IDM provide for a gradual link between the activities and 3D objects. In this way, control and verification of the preliminary schedule are possible. An implementation of resource planning in the planning process will allow a better evaluation of resource usage and provide a more accurate picture of the process. This allows the planner to calculate accurate and realistic duration of tasks. This will contribute to a realistic and quality-assured 4D simulation.

Implementation of 4D planning for construction project is complex and for an industry that is assumed to constantly being under time pressure, the implementation can be a daunting process. Despite this, the positive effect will be noticeable with the introduction of 4D planning. However, before a decision on implementation of 4D is taken, BIM should be used more as visual aid and for quantity takeoff for the current projects.

Innhold

Forord	iii
Sammendrag	v
Summary	vii
Figurer	xiii
Tabeller	xiv
I Introduksjon og Metode	1
1 Innledning	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Formål	4
1.3 Delmål	5
1.4 Omfang og begrensninger	5
1.5 Oppgavens oppbygning	6
2 Metode	7
2.1 Kvantitativ vs. kvalitativ	7
2.2 Induktiv vs deduktiv	8
2.3 Metoder for datainnsamling	8
2.4 Benyttet metode	9
2.4.1 Litteraturstudie	10
2.4.2 Intervju med nøkkelpersoner	10
2.4.3 Casestudie	11
2.5 Oppgavens kvalitet	12
2.5.1 Validitet og reliabilitet	13
II Teori	15
3 Bygningsinformasjons- modellering	17
3.1 Grunnleggende teori	17
3.2 Bruk av BIM i tradisjonelle byggeprosesser	19
3.3 åpenBIM som grunnlag	20

3.4	Den fjerde dimensjonen	23
3.4.1	Oppbygging av 4D	23
3.4.2	Vanlig prosess til 4D-planlegging	26
3.4.3	Forbedret prosess	27
3.4.4	4D verktøy	30
3.4.5	Valg av 4D verktøy	31
3.5	Information Delivery Manual	32
3.5.1	Generelt	32
3.5.2	Utviklingsprosessen	34
4	Fremdriftsplanlegging	37
4.1	Planleggingstrinn	38
4.2	Planleggingsprosessen	41
5	Tradisjonell planleggingsmetode	43
5.1	Aktivitetsbasert planleggingsmetode	43
5.2	Prosjektnedbryting	43
5.3	Lenket Gantt-diagram	45
5.4	Critical Path Method (CPM)	47
5.4.1	Beregning av varighet	47
5.4.2	Kritisk vei	48
III	Entreprenøren og Case	49
6	HENT AS	51
6.1	Om entreprenøren	51
6.2	Planlegging i HENT	53
6.2.1	Teoretisk produksjonsplanlegging i HENT	53
6.2.2	Produksjonsplanlegging i praksis	55
6.3	BIM i HENT	59
7	Case	61
7.1	Beskrivelse av casestudie	61
7.1.1	Modellgrunnlag	62
7.1.2	Eksisterende planlegging	63
8	Bruk av 4D i casestudie	65
8.1	Fremgangsmåte	65
8.1.1	Bli kjent med verktøyet	66
8.1.2	Import av BIM-modellene	67
8.1.3	Forenkling av BIM-modellen	68
8.1.4	Opprinnelig fremdriftsplan	69
8.1.5	Ny inndeling av fremdriftsplan	70
8.1.6	Beregning av varighet	71
8.1.7	Plan og BIM kobles sammen	71
8.1.8	Kontroll av fremdriftsplanen	72
8.1.9	Resultat av plan og 4D-simulering	73
8.2	Kommentarer til bruken av 4D-verktøyet	75

IV	IDM	77
9	Forslag til IDM	79
9.1	Prosseskart for 4D-planlegging	80
9.1.1	Beskrivelse av delprosesser	82
9.2	Utvekslingskrav og funksjonelle deler	83
V	Diskusjon og konklusjon	87
10	Diskusjon	89
10.1	Teori mot praksis	90
10.1.1	Planleggingsprosessen	90
10.1.2	Planleggingsmetode	91
10.2	Implementering av BIM	91
10.3	4D-planlegging	92
10.3.1	Modellenes detaljnivå mot fremdriftsplanen	93
10.3.2	Mengdeuttak og timeverk	94
10.3.3	Kobling av aktiviteter og 3D-objekter	94
10.4	Arbeidet med 4D-verktøyet	95
10.5	Utbytte og forutsetninger	96
10.5.1	Forutsetninger	97
11	Konklusjon	99
12	Videre arbeid	101
	Referanser	103
13	Vedlegg	107

Figurer

2.1	Validitet og reliabilitet	12
3.1	BIM-trekanten	21
3.2	Proessen til 4D-modellering	24
3.3	Planlegging i tilknytning detaljgrad og BIM støtte	24
3.4	Fremdriftsplanens innvirkning på objektenes detaljnivå	25
3.5	Vanlig prosess til 4D-planlegging	27
3.6	Forbedret prosess til 4D-planlegging	28
3.7	Datamodell til forbedret prosess	29
3.8	Grunnleggende rammeverk for IDM	32
5.1	WBS-nivåer	44
5.2	Et enkelt Gantt-diagram	45
5.3	Enkelt lenket Gantt-diagram	46
5.4	Enkelt eksempel på kritisk vei	48
6.1	Overordnet organisasjonskart	52
7.1	Trondheim Økonomiske Høgskole	61
7.2	Felles hovedmodell	62
7.3	Felles hovedmodell	63
8.1	Fremgangsmåte for bruk av 4D i casestudie	65
8.2	Import av IFC	67
8.3	Inndelte ressurser	68
8.4	Opprinnelig fremdriftsplan	69
8.5	Ny inndeling av fremdriftsplan	71
8.6	Opprinnelig deling av innvendig vegg	72
8.7	Aktivitet «Samlet» for innvendig vegg	72
8.8	Planlagt produksjon 3 uker etter oppstart	74
8.9	Planlagt produksjon 6 uker etter oppstart	74
9.1	Prosesskart for 4D-planlegging	81

Tabeller

2.1	Metoder for datainnsamling	9
4.1	Sentrale begrep i planlegging	38
4.2	Fremgangsmåte for utvikling av en plan	41
5.1	WBS-nivåer og planleggingsnivåer	45
5.2	Fire typer avhengigheter fritt gjengitt	46
9.1	Utvekslingskrav og funksjonelle deler for det prosjekterende domene	84
9.2	Utvekslingskrav og funksjonelle deler for fremdriftsplanlegging	85
9.3	Utvekslingskrav og funksjonelle deler for kobling mellom domene . .	86
13.1	Fremgangsmåte for utvikling av en plan	108

Del I

Introduksjon og Metode

Kapittel 1

Innledning

Dette innledende kapitlet presenterer bakgrunnen for masteroppgaven og hvorfor akkurat dette temaet er av interesse. Formulering av rapportens formål, delmål, avgrensinger og oppbygging følger i kronologisk rekkefølge.

1.1 Bakgrunn

Byggebransjens omtale i media kan være både godt og vondt. Men det er de negative uttalelsene; lav produktivitet, byggefeil, høy kostnader og lignende, som ofte blir gitt størst oppmerksomhet. Det er en utbredt kjennskap at utviklingen av byggebransjens produktivitet har vært dårlig det siste tiåret. Produktiviteten i byggebransjen målt fra 1995 og frem til i dag har sunket med omtrent 15 % (Iversen, 2012). Dette til tross for den stadig økende mengden av hjelpemidler som har blitt tilgjengelig.

Ett av hjelpemidlene som har kommet sterkt de seneste årene er bygningsinformatjonsmodellering (BIM). Men full implementeringen av BIM har gått sakte i byggenæringen. Hvor implementeringen for prosjekterende har skjedd i større grad enn for utførende entreprenør. Noe som har ført til at den fragmenterte og papirbaserte kommunikasjonen mellom partene har avstått enkelte fordeler som kan komme av implementering av BIM. En grunn til dette kan være skeptisismen i bransjen om at de teoretiske fordelene kan være lik de reelle. Samtidig kreves det nye prosesser og forandringer av de tradisjonelle prosessene for en god implementering av BIM.

Selv om enkelte deler av bransjen fortsatt klamrer seg fast til de kjente arbeidsmetodene så er bruken av BIM voksende. Dette gjengis med at Forsvarsbygg, Statoil og Statsbygg fremmer bruken av BIM.

«Flere anbudsutlysere har innført krav om BIM-bruk, og store aktører som Forsvarsbygg, Statsbygg og Statoil krever nå BIM i mange av sine prosjekter.» (Norsk Teknologi, 2012)

Men kravene fra disse aktørenes er i hovedsak relatert til prosjektering- og ved prosjektavslutning. De har for øyeblikket begrenset erfaring med bruk av BIM under bygging (*Statsbyggs BIM-manual 1.2*, 2011). For denne fasen er bruken av BIM dermed i stor grad overlatt til entreprenørene selv.

Flere av landets største entreprenører er i dag i startgropa når det kommer til innføringen av BIM. De har opprettet egne BIM avdelinger og bruker det i all hovedsak til visualisering, kollisjonskontroll og mengdeuttak. Det er derfor av interesse å utforske hvilke andre muligheter utførende entreprenør kan ha ved videre implementering og hvilke utfordringer dette byr på. Fra tidligere gjennomført prosjektoppgave «BIM i produksjon» (2012) fremkommer det at et naturlig steget videre i implementeringen er å skape en forbindelse mellom BIM og tid, såkalt 4D.

I denne prosjektoppgaven er det valgt å samarbeide med entreprenør HENT AS. Samarbeidsbedriften har tidligere fått gjennomført studentoppgaver knyttet til BIM, 4D, lokasjonsbasert fremdriftsplanlegging og byggeprosessen, men ikke om hvordan prosessen til 4D-planleggingen skal gjennomføres. Det har med dette ikke blitt gjennomført en evaluering av planleggingsprosessene til HENT opp mot bruken av BIM i planlegging. Da med tanke på om prosessene er egnet for implementering og bruk av 4D.

1.2 Formål

I dag brukes BIM aktivt av HENT i de aller fleste prosjekter til blant annet visualisering, kollisjonskontroll av prosjekteringsgrunnlaget og mengdeuttak. I tillegg ser de også på muligheten til å benytte dette hjelpemidlet i større grad og hvilke positive effekter det kan føre til.

Derfor er det i denne masteroppgaven av interesse og utforske hvilke andre muligheter HENT kan ha ved videre implementering av BIM og hvilke utfordringer dette byr på. Med utgangspunkt i dette vil oppgaven se nærmere på bruken av BIM knytte opp mot fremdriftsplanlegging og -styring (4D) ved et spesifikt prosjekt; Trondheim Økonomiske Høgskoles (TØH) nye campus.

Hensikten med denne rapporten er å undersøke om HENT sine planleggingsprosedyrer er egnet for implementering og bruk av 4D samt utvikle en forenklet IDM. Dette innebærer å undersøke hvilke planleggings prosedyrer HENT har og hvordan den utføres i praksis gjennom intervju. På denne måten kan HENT sine prosedyrer sammenlignes med den teoretiske fremdriftsplanleggingen og om de igjen er kompatible med den forenklete Information Delivery Manual (IDM) for 4D-planlegging. Mulighetene og effektene av implementeringen i fremdriftsplanleggingen vil så eventuelt komme frem gjennom et case-studie.

1.3 Delmål

Følgende delmål er satt opp for å presisere problemstillingen ytterligere samt virke veiledende for arbeidsprosessen:

- Analysere planleggingsprosedyrene i HENT
- Benytte tradisjonell fremdriftsplanlegging i tilknytning 4D
- Utarbeide en IDM for fremdriftsplanleggings prosessen
- Sammenligne den teoretiske og praktiske fremdriftsplanlegging
- Evaluere HENTs metoder og prosesser mot teori
- Vurdere hvilke prosesser og metoder som er best egnet for videre implementering av BIM
- Kartlegge eventuelle interoperabilitetsproblemer

1.4 Omfang og begrensninger

Oppgaven inneholder gjennomgang av teori og praktisk bruk av planlegging samt planlegging ved bruk av BIM og 4D. Det er innledende blitt gjennomført et forprosjekt/prosjektoppgave høsten 2012 (Iversen, 2012). Den beskriver hvilke muligheter entreprenørene har ved bruken av BIM og hvilke utfordringer de kan møte på. Det er av denne grunn noe begrenset litteratur knyttet til planlegging i denne oppgaven, mens et større fokus på BIM og 4D.

Masteroppgaven er, som nevnt tidligere, skrevet i samarbeid med HENT AS. Dermed tar den hovedsakelig for seg planleggingen i produksjonsfasen av et byggeprosjekt. Bedriften deler planleggingen av produksjonsfasen inn i 3-4 (FIKS) nivåer, fra hovedplan (overordnet) til ukeplaner (detaljert). Det er i denne oppgaven, etter forespørsel fra bedriften, sett på produksjonsplanen (jfr. 6.2.1).

Evaluering av verktøy og metode samt utarbeidelsen av IDM er begrenset til byggeprosjektet: Nye TØH. Dette prosjektet er inne i produksjonsfasen, noe som fører til at deler av den detaljerte planleggingen gjennomføres parallelt med casestudiet. Bedriften har imidlertid utarbeidet en produksjonsplan som er veiledende for planleggingen i casestudiet. Disse er faktorer som kan virke begrensende på planen utarbeidet ved hjelp av BIM og 4D. Dette kommer av at det i den virkelige verden ikke vil foreligge en veiledende eksisterende plan midt i produksjonsfasen.

Utførelsen av casestudiet i denne oppgaven er redusert i forhold til et vanlig byggeprosjekt. Dette spesielt knyttet opp mot produksjonsplanen siden casestudiet kun tar for seg 3.etg og BIM-modellene produsert av ARK, RIE og RIV under sammenkoblingen med planen. Dette har blitt valgt for at arbeidet ikke skal bli for omfattende. Ved gjennomføringen av 4D prosessen i en virkelig prosjektsituasjon

vil informasjonsmengden fra et helt byggeprosjekt være omfattende. Videre begrensninger som er gjort i gjennomføringen av casestudie og utarbeidelsen av den forenklete IDM'en kommer frem i kapitlene 8 og 9.

1.5 Oppgavens oppbygning

Det er valgt å dele rapporten inn i de fem følgende delene:

Introduksjon og Metode - formidler innledningen av rapporten (kap. 1) og beskriver den benyttede metoden (kap. 2) i den.

Teori - presenterer teori i tilknytning bygningsinformasjonsmodellering (kap. 3), fremdriftsplanlegging (kap. 4) og tradisjonell planleggingsmetode (kap. 5). Denne delen skal fremlegge relevant bakgrunnsteori for rapporten.

Entreprenør og case - presenterer den samarbeidende bedriften og den teoretiske og praktiske planleggingsprosessen i den (kap. 6). Videre blir casestudie beskrevet (kap. 7) og gjennomført (kap. 8).

IDM - presenterer forslaget til en forenklet IDM for 4D-planlegging (kap. 9).

Diskusjon og konklusjon - er den avsluttende delen og drøfter funnene i rapporten (kap. 10), konkluderer (kap. 11) og fremmer forslag for videre arbeid (kap. 12).

Kapittel 2

Metode

Dette kapittelet gir en beskrivelse av metoden som er benyttet ved utførelse av masteroppgaven. Den vitenskapelige metoden som benyttes ved utførelse av rapporter er en systematisk fremgangsmåte for å tilegne seg kunnskap. Metoden forklarer hvordan arbeidet er gjennomført for å kunne løse en valgt problemstilling. Den påvirker resultatene man får, konklusjonene man trekker og det videre arbeid. Tradisjonelt kan man bruke flere ulike metoder ved utførelse av forskning, og det kreves derfor et fokus på hvilke metoder som benyttes. Dette er for å kunne sikre eget arbeid, både personlig og eksternt.

«En bevissthet rundt metodespørsmål gir kvalitetssikring av eget arbeid.» (Olsson, 2011)

2.1 Kvantitativ vs. kvalitativ

Olsson (2011) deler den metodiske tilnærmingen inn i to hovedformer, hvor skillet avgjøres av hvilke type informasjon man samler inn. Forskningsmetoder som tar utgangspunkt i tall og det målbare, følgelig det kvantifiserbare, går inn under den kvantitative forskningsmetoden. Når det blir lagt tilstrekkelig vekt på presisjon ved bruk av denne metoden er det ofte høy grad av etterprøvbarehet. Samtidig er det mulig å ha mange undersøkelsesenheter ved standardisering av den innsamlede informasjonen. Målene for denne forskningsmetoden vil med dette være generalisering og samsvar mellom variable (Samset, 2012).

Den andre forskningsmetoden, kvalitativ, baserer seg på tekstlig og muntlig informasjon og har ofte et bredere informasjonsinnfang (Samset, 2012). Det vil si at det samles inn mange opplysninger om få enheter. Ved bruken av denne metoden er etterprøvbareheten av resultatene ofte en utfordring. Dette kommer av at det blir tatt for seg få enheter og fordi det som regel er stor subjektivitet knyttet til resultatet. På bakgrunn av dette vil det ikke være mulig å ha generalisering som mål, men heller en helhetsforståelse ved å samle inn mange og varierte opplysninger om få studieobjekter. Det fokuseres dermed på en tolkning av informasjonen.

Begge disse metodene har sine svake og sterke sider. Det kan dermed være fordelaktig å kombinere dem slik at man kan dra nytte av de sterke og eliminere de svake sidene. Man har dermed flere forskjellige muligheter å gjennomføre forskningsoppgaver på.

2.2 Induktiv vs deduktiv

Induktiv og deduktiv er to tilnærminger innenfor forskningsmetode. A.K. Larsen (2007) mener at det er sjeldent at man har skarpe skiller mellom disse to tilnærmingene og at de heller ikke utelukker hverandre i den praktiske gjennomføringen. Men til tross for dette finnes det skiller mellom dem.

Ett av de beste kjennetegnene til den induktive tilnæringsmåten er at den ofte har en noe uklar problemstilling hvor en ikke ønsker å prøve ut teorier gjennom hypotesetesting. Denne tilnærmingen har på lik linje med kvalitative metode et mål å få en helhetsforståelse av temaet. Dette fører til at man kan være mer fleksible og ikke låser seg til metode på forhånd (A.K. Larsen, 2007). Denne tilnærmingen kan benyttes som utgangspunkt når man arbeider innenfor et lite utforsket felt, og man ikke har en problemstilling som skal underbygges (Samset, 2012).

I motsetning til den induktive tilnærmingen tar den deduktive utgangspunkt i en forankret problemstilling, hvor målet er å underbygge teorier eller etablere teori-basert kunnskap (Samset, 2012). Den starter følgelig med et spørsmål og prøver å finne ut om det stemmer. A.K. Larsen (2007) ser på dette som en vurdering av holdbarheten til teorier gjennom hypotese testing. Ved denne tilnærmingen benyttes det som oftest kvantitative metoder.

2.3 Metoder for datainnsamling

Innhenting av informasjon er nødvendig for å kunne gjennomføre alle typer forskning. Metoder for slike datainnsamlinger kan som nevnt være kvantitativ eller kvalitativ. De mest vanlige metodene er beskrevet i tabell 2.1 på neste side. Disse vil være grunnlaget for valg av metode i masteroppgaven.

I tillegg til å presentere disse metodene gir Olsson (2011) også flere anbefalinger knyttet til dem; Den første, dokumentgjennomgang blir anbefalt som en forberedende aktivitet, selv om det også skal brukes andre former for informasjonsinnhenting. Ved bruk av eksisterende data er det viktig å notere hvordan data er produsert, hva de brukes til og kjente styrker og svakheter. Før intervju gjennomføres anbefales det å lage en intervjuguide som beskriver de spørsmålene som vil bli gjennomgått. Videre bør det bli gitt informasjon om hvordan svarene og intervjuobjektet vil bli behandlet under og etter intervjuet. Ved gjennomføring av deltakende observasjoner er det viktig å skille mellom rollen som medarbeider og rollen som forsker.

Vellykket deltakende observasjoner krever en såkalt distansenærhet som suppleres med refleksjoner rundt observasjonene. Ved spørreundersøkelser er det viktig å stille tydelige spørsmål slik at det ikke oppstår misforståelser. Casestudier skal ikke være representative eller generaliserbare, men de kan allikevel gi viktige bidrag til ulike fagfelt.

METODE	BESKRIVELSE
Dokumentgjennomgang	Er en forberedende aktivitet ved gjennomgang av hva
Bruk av eksisterende data	Søk og evaluering av informasjon fra systemer, rapporter og lignende
Intervjuer med nøkkelpersoner	Intervju med personer som har kunnskap om og/eller jobber med det aktuelle temaet
Deltakende observasjoner	Forskeren utfører oppgaver i det miljøet man studerer
Direkte observasjoner/målinger	Måling av data med hjelp av instrumenter eller direkte observasjon
Spørreundersøkelser	Et antall spørsmål settes opp og sendes til utvalgte personer, respondenter
Casestudier	Dyptgående studie av prosjekter eller eksempler som har som mål å gi innsikt og forståelse

Tabell 2.1: Metoder for datainnsamling (Olsson, 2011)

2.4 Benyttet metode

Formålet til denne masteroppgaven, se 1.2 Formål, gir uttrykk for at oppgaven har til hensikt å søke ny praktisk kunnskap og nye erfaringer. Det søkes dermed en helhetsforståelse innenfor ett til nå mindre utforsket felt. Basert på dette er det valgt å benytte en kvalitativ metode med induktiv tilnærming. Videre er det valgt en triangulering av de følgende metodene for datainnsamling for å danne den mest optimale helhetsforståelsen og besvarelse av oppgaven:

- Litteraturstudie
- Intervju med nøkkelpersoner
- Casestudie

Denne trianguleringen benyttes for å kompensere for svakhetene til de valgte metodene. Bruken av de ulike metodene eller ulike data fra flere forskjellige kilder kan enklere avdekke skjevheter, ufullstendigheter eller direkte feil (Olsson, 2011). Videre leder metodevalget til bruk av både empiri og teori i oppgaven. Empiri er faktiske opplysninger om den virkeligheten som utforskes, mens teori er påstander

om faktiske forhold som antas å være allmenngyldige (Samset, 2012). Ved denne gjennomføringen antas det at problemstillingen kan besvares ordentlig, samt gi en reell nytte.

2.4.1 Litteraturstudie

Et litteraturstudium er en systematisk gjennomgang av litteratur rundt et tema. Det har som formål å danne det teoretiske grunnlaget for oppgaven, samt virke veiledende for det arbeidet som skal utføres.

Det ble foretatt et litteraturstudium delt inn i to hoveddeler; BIM og planlegging. Hvor litteraturen ble funnet ved hjelp av flere ulike søkemetoder for å sikre et bredt utvalg. Litteraturstudiet som omhandlet BIM ble gjennomført i forbindelse med prosjektoppgaven «BIM i produksjon» (2012). Siden det studiet favnet bredt ble det gjort en seleksjon av de delene som var mest relevant for denne oppgaven. Denne litteraturen anses som nyttig for å forstå konseptet BIM og i hvilken sammenheng det skal knyttes opp mot planlegging. I tillegg til å benytte eksisterende data ble det også gjort støttende søk hvor det var nødvendig med mer spesifikk informasjon. Dette ble hentet fra BIM-aktører, tidsskrifter, utviklere, eldre masteroppgaver og internettsøk. Det bør merkes at BIM er preget av et internett-blogg fenomen. De eksisterende dataene ble i all hovedsak hentet fra BIBSYS, Scopus og Engineering Village.

Delen av litteraturstudiet som består av planlegging ble hentet fra de ovennevnte databasene, faglitteratur og samarbeidsbedriften. Kildene som ble innhentet måtte gå gjennom samme kontroll som de innhentede i prosjektoppgaven høsten 2012. Videre er hele litteraturstudiet med på å danne grunnlaget for intervjuguiden, gjennomføring av casestudiet og utarbeidelsen av IDM.

2.4.2 Intervju med nøkkelpersoner

Det ble gjennomført kvantitative intervjuer av fem representanter fra bedriften hvorav tre er anleggsledere, en prosjektleder og en prosjektingeniør. Disse ustrukturerte intervjuene ble gjennomført med grunnlag i en intervjuguide, Vedlegg 1. En intervjuguide er en liste med spørsmål eller stikkord som brukes som en veiledning under intervjuet og har til hensikt å kunne veilede samtalen (A.K. Larsen, 2007). På denne måten åpnes det for ett mer åpent og informativt intervju.

For å få størst mulig utbytte av hvert intervju ble intervjuguiden sendt en uke i forveien til intervjuobjektene slik at de hadde mulighet til å forberede seg. Under intervjuene ble det valgt å benytte lydopptak med samtykke fra intervjuobjektene. Opptakene ble deretter transkribert med intervjuet friskt i minne og sendt til hvert enkelt intervjuobjekt for godkjenning. Etter godkjenningen ble informasjonen tatt i bruk i oppgaven.

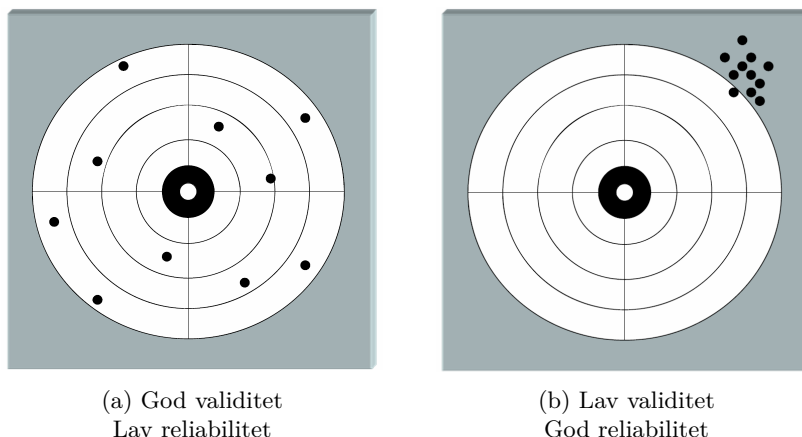
I tillegg til intervjuene har det også vært nødvendig å ha jevnlig samtaler, korrespondanser og møter med veilederne fra HENT. Dette for å avklare omfanget til oppgaven, generell veiledning og veiledning i bruk av de ulike programvarene som har blitt benyttet. Selv om dette, enkelte ganger, ikke har ledet til håndfaste bidrag til oppgaven har det vært til nytte og vært en avgjørende del for gjennomføringen av oppgaven.

2.4.3 Casestudie

Denne type forskningsmetode brukes for å skaffe innsikt og forståelse av komplekse problemstillinger hvor teori foreligger, men skal samtidig ikke være representativ eller generaliserbar (Olsson, 2011). Metoden gir mulighet for å prøve ut teori i praksis. Casestudiet som ble gjennomført i denne oppgaven tok utgangspunkt i et reelt prosjekt hos HENT og ble til dels fulgt i samtid. Dette grunnet tidsbegrensningene som foreligger ved gjennomføring av masteroppgaven i forhold til tidsbruken til byggeprosjekter. Videre kan det være interessant å bemerke seg at HENT, per dags dato, ikke benytter seg av 4D planlegging i dette prosjektet, og metoden benyttes heller ikke i andre prosjekter ledet av bedriften. I denne oppgaven lå dermed fokuset på å gjennomføre deler av planleggingsarbeidet på nytt ved bruk av BIM og 4D planlegging. På denne måten var det mulig å kartlegge eventuelle problemområder, sammenligne fremdriftsplanene og utvikle en forenklet IDM.

2.5 Oppgavens kvalitet

Kvaliteten til en oppgave er avhengig av kvaliteten til informasjonen som blir innhentet og bruken av den. Derfor bør man i en hver oppgave vurdere kvaliteten av informasjonen med tanke på validitet og reliabilitet. Validitet handler om relevans eller gyldighet, altså at det skal samles inn data som er relevant i forhold til problemstillingen. Mens reliabilitet viser til nøyaktighet eller pålitelighet, altså at dataen er pålitelig, og at nøyaktigheten har ligget til grunn i prosessen. Reliabilitet er god hvis flere forskere kan gjennomfører samme undersøkelse på ulike tidspunkter og får tilnærmet like resultater (A.K. Larsen, 2007). Figur 2.1 viser eksempler på sammenhengen mellom validitet og reliabilitet, hvor kikkertsikte representerer målet for oppgaven.



Figur 2.1: Validitet og reliabilitet (Samset, 2012)

Med oppgavens bruk av kvalitativ metode og induktiv tilnærming kan det i følge A.K. Larsen (2007) være enklere å sikre god validitet enn det hadde vært med kvantitativ metode. For eksempel så kan det gjøres korreksjoner underveis i intervjuer, hvis en oppdager at det er andre momenter som er viktigere for problemstillingen. Den kvalitative metoden kan bidra til en mer fleksibel prosess som igjen kan lede til mer valid informasjon. Men god reliabilitet er ikke like enkelt å oppnå ved bruk av kvalitative metoder. A.K. Larsen (2007) mener dette kommer av at informasjonen og resultatene blir i større grad tolket enn ved kvantitativ. Det er ikke sikkert at andre forskere vil oppfatte eller legge merke til de samme sammenhengene som blir gjort i denne oppgaven. Men det handler også om at informasjon behandles på en nøyaktig måte. Ved å holde orden på informasjonen kan man sikre god reliabilitet. Videre mener (A.K. Larsen, 2007) at validiteten og reliabiliteten blir bedret ved å kombinere forskjellige metoder for informasjonsinnhenting, slik det gjøres i denne oppgaven.

2.5.1 Validitet og reliabilitet

Validitet er, som beskrevet innledende, hvor gyldig eller relevant den innhentede informasjonen er i forhold til problemstillingen. Validiteten til litteraturstudiet avgjøres dermed av hvor relevant den valgte litteraturen er. Mens validiteten til intervjuobjektene bestemmes av hvem som blir spurt og om de rette spørsmålene blir stilt.

Litteraturstudiet består i all hovedsak av tre deler; BIM, planlegging og planlegging i HENT. Hvor BIM delen for det meste er en videreføring av prosjektoppgaven «BIM i produksjon» (2012). Det anses at validiteten til denne delen er god etter utvelgelse av relevant litteratur er gjennomført. Ved å benytte samme fremgangsmåte til innhenting av litteratur på den resterende delen antas det å oppnå en like god validitet. Påliteligheten til den valgte litteraturen vurderes også som god siden den blir hentet fra pålitelige kilder og databaser. Det tilstrebes å benytte førstehånds kilder. Men grunnet det tidligere nevnte blogg fenomenet som preger BIM-miljøet er det en mulighet at relevant og nyere litteratur kan bli oversett. Det har dermed også blitt gjennomført generelle søk for å sikre at dette ikke forekommer. Påliteligheten til disse søkende kan være lav og dette må vurderes hvis litteraturen skal bli benyttet videre.

Intervjuobjektene har blitt valgt av veileder og har med dette god kjennskap til arbeidet med fremdriftsplanlegging. Ved å benytte en intervjuguide som ble utarbeidet med grunnlag i litteraturstudiet og revidert samt kontrollert av hovedveileder i HENT, ansees validiteten som god. Fremdriftsplanlegging er godt kjent og en ukentlig rutine, mens BIM ennå er i innkjøringsfasen hvor ikke alle prosessene er kjent. På bakgrunn av dette antas reliabiliteten til spørsmålene om fremdriftsplanlegging som gode, mens de i tilknytning BIM som lav. Dette kommer av at intervjuobjektene kan tilegne seg nye erfaringer om BIM som igjen kan gi nye svar. Videre ble det fokusert på nøyaktighet under intervjuene og ved transkriberingen for å øke reliabiliteten. Men den kunne vært bedre ved flere intervjuobjekter.

I case studiet er det en lav validitet av måledata. Dette kommer av at det kun er testet en modell med en programvare i et prosjekt noe som fører til at kvaliteten på modellen vil spille inn på resultatet. Ved bruk av flere modeller ville det ha blitt oppnådd en bedre validitet. Videre har masteroppgaven begrenset tid og ressurser noe som kan føre til at det ikke blir tilegnet nok kunnskap om programvarene som benyttes. På denne måten vil man ikke kunne utnytte dets fulle potensiale. Prosjektet er heller ikke et 4D prosjekt noe som kan lede til at det som ligger til grunnen ikke passer til arbeidet som skal utføres. Dette er det ikke mulig å gjøre tiltak mot, men gjør det viktigere å fange opp hvilke aspekter som må bli forbedret under 4D prosjekter.

Det må også tas høyde for at denne masteroppgaven er basert på et selvstendig arbeid, noe som kan utgjøre en svakhet. Dette kommer av de subjektive valgene som ble tatt ved oppbygging, fremgangsmåte og innhold av oppgaven. Det er der-

med en mulighet for at informasjon knyttet til temaet kan ha blitt oversett eller nedprioritert. Videre har studenten begrenset tid og ressurser.

Del II

Teori

Kapittel 3

Bygningsinformasjonsmodellering

Denne oppgaven tar for seg bruken av BIM som et verktøy i og under produksjonsplanleggingen. Innledende forutsettes det en viss kjennskap til BIM. I dette kapittelet er hovedfokuset på bruken av BIM i 4D-planlegging og IDM. Men først presenteres grunnleggende teori, bruken i tradisjonelle byggeprosesser og åpenBIM som grunnlag.

3.1 Grunnleggende teori

Terminologien BIM er i dag populær og bruken av den er under stadig utvikling i byggebransjen. Med dette har det blitt utledet flere forskjellige definisjoner av forkortelsen og betydningen av den varierer ut fra hvilken situasjon den benyttes eller omtales i. BIM omfatter en kombinasjon av fremgangsmåte, prosesser og teknologier for hele byggeprosessen og livssyklusen til et bygg. Forkortelsen er som regel brukt i sammenheng med:

- Bygningsinformasjonsmodell
- Bygningsinformasjonsmodellering
- Building information management

Hvor bygningsinformasjonsmodell benyttes når det er snakk om selve modellen. Mens bygningsinformasjonsmodellering blir benyttet når det er snakk om arbeidsprosessene som kreves for å skape modellen. I tillegg omhandler dette begrepet også de endringene som må til for å få fullt utbytte av de mulighetene BIM verktøy og teknologi kan gi (Rørheim, 2011). Den tredje betydningen, Building Information Management, er uten å gå i dybden beskrevet av Granholm (2010) som ledelse av informasjonsutvekslingen. Det kan for eksempel gå på utveksling av modellbasert informasjon mellom personer og organisasjoner. Til tross for disse tydelige forskjellene benyttes BIM ofte som et samlet begrep. Det er dermed åpenbart at hvis man

ikke er klar over disse forskjellene kan det skape en hvis forvirring om hva som egentlig menes.

Videre kommer det frem i tidligere prosjektoppgave (2012) at det finnes flere forskjellige definisjoner av BIM som et individuelt og samlet begrep. For å klargjøre og for å få en mer detaljert definisjon av de forskjellige begrepene av BIM ser denne rapporten til definisjonene presentert av den nøytrale og internasjonale initiativet BuildingSMART, tidligere kjent som International Alliance for Interoperability (IAI). Hos dem gjelder følgende:

Building information modelling: *«is a business process for generating and leveraging building data to design, construction and operate the building during its lifecycle. BIM allows all stakeholders to have access to the same information at the same time through interoperability between technology platforms.»*

Building information model: *«is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. As such it serves as a shared knowledge resource for information about facility, forming a reliable basis for decisions during its life-cycle from inception onwards.»*

Building information management: *«is the organisation and control of the business process by utilizing the information in the digital prototype to effect the sharing of information over the entire lifecycle of an asset. The benefits include centralised and visual communication, early exploration of options, sustainability, efficient design, integration of disciplines, site control, as build documentation, etc. effectively developing an asset lifecycle process and model from conception to final retirement.»*

(BuildingSMART, 2012)

Disse definisjonene gir en god forklaring på begrepene som BIM representerer. BIM kan betraktes som en del av prosessen for å lage en modell, selve modellen og deling av informasjonen som den innehar på ulike måter. Når BIM omtales kan det dermed være snakk om mer enn kun 3D-modellen.

Begrepene og definisjonene er kartlagt, men hva består egentlig modellen av og hvordan kan BIM gjenkjennes? Rent visuelt er BIM en 3D modell bestående av objekter. Muligheten til å knytte informasjon og egenskaper til disse objektene betraktes som det grunnleggende i BIM. I følge Eastman, Teicholz, Sacks og Liston (2011) gjenkjennes BIM med at objektene skal ha mulighet til å inneholde intelligent informasjon, mulighet til å forandre disse attributtene og tillate dimensjonsendringer samt automatisk oppdatering av endringer i alle dimensjoner. Dette gjør det mulig for modellen å bli benyttet videre til kontroller, mengdeuttak, planlegging (4D), kostnadsestimater (5D) og lignende. Jo mer komplett modellen er jo mer nytte kan en bredere bruk av BIM gi. Ved implementering av BIM er det vanlig å starte med kollisjonskontroll og mengdeuttak for så å fortsette med 4D også 5D. 4D

kan beskrives som metoden for styring av prosjektet og er hovedfokuset for denne oppgaven. Dette begrepet kan enkelt forklares ved at man knytter de forskjellige elementene i 3D-modellen opp mot fremdriftsplan (tid). Denne informasjonen kan benyttes videre til å opprette en 5D-modell. Hvor man knytter kostnadsrelatert informasjon til 4D-modellen.

I denne rapporten vil en forenklet definisjon av det samlede begrepet BIM ligge til grunn.

«BIM er en virtuell prosess som omfatter alle aspekter, disipliner og systemer av et prosjekt innenfor en enkelt, virtuell modell, slik at alle prosjekt aktørene (prosjekteier, arkitekt, entreprenør, rådgivere etc.) kan samarbeide mer nøyaktig og effektivt enn ved bruk av tradisjonelle prosesser.» (Azhar, 2011)

3.2 Bruk av BIM i tradisjonelle byggeprosesser

I følge Eastman et al. (2011) er BIM den mest lovende databaserte utviklingen som har skjedd i byggeindustrien til dags dato. Men samtidig mener de at det er et problem; Det ikke er en naturlig progresjon mellom overgangen fra den tradisjonelle fremgangsmåten ved bruk av dataassistert tegning (CAD) til BIM. Det innebærer en overgang fra produksjon av tegning til modellering. Noe som gir forskjellige abstraksjoner og modellutviklings prosesser, som leder til nye fremgangsmåter. Med andre ord trengs det å bli sett på nye fremgangsmåter for å kunne utnytte potensialet til BIM maksimalt. Det har ført til at man beveger seg bort fra de tradisjonelle konkurransedyktige prosjektmodellene til en mer samarbeidende modell mellom prosjektering og utførelse. Eastman et al. (2011) mener at denne integrerte måten å gå frem på vil resultere i bygninger med bedre kvalitet til lavere kostnad og vil kunne bli bygget på kortere tid.

Det generelle problemet som enten forsterker eller reduserer det positive utbytte av bruken av BIM teknologien er avhengig av hvor godt og på hvilket stadium prosjektgruppen arbeider sammen på en eller flere BIM-modeller. De forskjellige tradisjonelle oppbyggingene av prosjektet kan skape problemer for graden av implementering av BIM i byggeprosessen. Med delt entrepris som et eksempel så vil den fragmenterte prosjektgruppen med mulige sen kontrahering av utførende være et hinder for en fullstendig implementering av BIM. Totalentrepris vil være en mer egnet entrepris for dette. Mens andre utradisjonelle fremgangsmåter kan støtte bruken av BIM gjennom hele byggeprosessen. Eksempler kan være Integrert prosjekt leveranse (IPD) og samspillentrepris. En samspillentrepris er i hovedsak kontrahering av en samspillsgruppe bestående av de viktigste prosjekterende og utførende (*Samspillentrepris*, 2012). Denne gjennomføringen blir stadig mer vanlig.

Eastman et al. (2011) mener at implementeringen av BIM fungerer best når det er et tidlig samarbeid mellom arkitekt, prosjekterende og utførende. Noe som skjer i

samspillentreprise. Videre mener de at nytteverdien for utførende vil bli større jo tidligere han kommer inn i prosjektet. Ved å implementere entreprenør tidlig kan det også gi verdi til selve prosjekteringen med at prosjekterende kan dra nytte av kunnskapen til utførende. Men dette er til liten nytte om de forskjellige aktørene i prosjektet benytter seg av forskjellige programvarer som har vanskeligheter for å kommunisere med hverandre. Da går man i verste fall tilbake til den tradisjonelle fragmenterte fremgangsmåten. Men akkurat dette interoperabilitets problemet kan løses med bruken av åpenBIM.

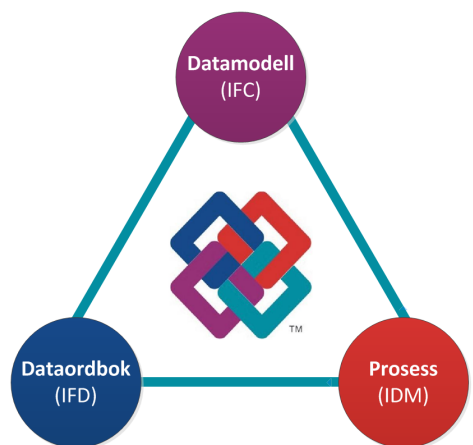
3.3 åpenBIM som grunnlag

Tiltaket åpenBIM er ført frem av BuildingSMART og flere av de ledende programvareleverandørene. Det er en universell tilnærming for samarbeidende prosjektering, realisering og drift av bygninger basert på åpen standarder og arbeidsflyt (BuildingSMART, 2012). BuildingSMART beskriver seg selv som den eneste fagnøytrale, ikke-kommersielle organisasjon som tar ansvar for at utviklingen av BIM skjer på åpne formater, tilpasset et marked for fri konkurranse. De er en internasjonal organisasjon med regionale avdelinger i Europa, Nord-Amerika, Australia og Midtøsten. Til sammen er det 15 nasjonale avdelinger, hvor en av dem ligger i Norge. BuildingSMART Norge viktigste oppgaver er:

- å utvikle åpne BIM-standarder nasjonalt og internasjonalt som får næringen til å gå i takt og samarbeide bedre
- å informere om ressurser og gode eksempler på bruk av åpenBIM
- å bidra til implementering av åpenBIM ved å løse konkrete hindringer
- å ta plass i næringen og ivareta bred behandling av åpenBIM-relaterte problemstillinger.

På denne måten skal de; lede bruken av åpenBIM til å støtte oversiktlig og åpen arbeidsflyt slik at prosjektmedlemmene ikke trenger å bekymre seg for hvilke programvare de benytter. Opprette et felles språk for byggeprosessen slik at industrien og myndighetene kan gjennomføre prosjekter med oversiktlig og sammenlignbare tjenesteevalueringer samt sikre data kvalitet. Gi varige prosjektdata for bruk gjennom hele livssyklusen til prosjektet/bygget, unngå multiple input av samme data og betydningsfulle feil. Støtte små og store programvareleverandører og gi dem mulighet til å bidra. Støtte elektroniske produksider med å mer nøyaktige brukerbehov søk og levere produktdata direkte inn i BIM (BuildingSMART, 2012).

ÅpenBIM består av tre standarder; datamodell (**IFC**), dataordbok (**IFD**) og prosess for å beskrive og støtte byggeprosjekter (**IDM**), illustrert i Figur 3.1. Disse standardene blir kontinuerlig videreutviklet og vedlikeholdt for digitalisering av byggenæringen som de mener er vesentlig for å bruke åpenBIM i praksis.



Figur 3.1: BIM-trekanten, etter (*Hvorfor buildingSMART*, 2012)

Datamodell standarden er kanskje bedre kjent som filformatet IFC (Industry Foundation Classes). Det skal få datamaskinene til å kommunisere og styre i hovedsak geometri og overordnede egenskaper. Ideen bak IFC er å gjøre utvekslingen av komplekse modeller uavhengig av programvaren. Det vil si at dette åpne formatet skal sikre at en jevn informasjonsflyt gjennom hele byggeprosessen uavhengig av programvare. IFC bygger på en åpen ISO standard, ISO 16739, som er tilgjengelig på nettet. De forskjellige IFC filene samles i et visualiseringsprogram, for eksempel Solibri, som legger disse sammen og igjen skaper en komplett modell. Denne lagres i et eget format som har en mye mindre filstørrelse enn de enkelte IFC filene. Dette gjør modellen enklere å håndtere (Bostad, Singsdal & Gjerp, 2011). På denne måten er man ikke knyttet til en enkel programvare.

Dataorbok standarden er en ordbok som beskriver komponentene i modellen entydig og går under navnet International Framework for Dictionaries (IFD). Det skal få datamaskinene til å forstå hverandre og er en datastandard for alle typer og alle egenskaper til komponentene. For at programvarene automatisk skal skjønne innhold og egenskaper i modellene som utveksles er dette et viktig ledd. Det forteller egenskapene og produktspesifikasjonene til de forskjellige komponentene. Ideen bak IFD er at den skal automatisere og effektivisere en lang rekke prosesser som produktsøk, produktspesifikasjon, varehandel og FDV dokumentasjon. Det gjøres ved at man framfor å måtte søke opp produkter hos leverandører, finne produkt- og serienummer og legge inn informasjonen, så vil man kunne gå inn i ordboken og velge det man skal ha (Bostad et al., 2011). Denne ordboken er knyttet til og oversatt mellom alle deltakerlandene. Dermed kan man kobles til BIM informasjon fra forskjellige land uten feil eller tap av data.

Prosess standarden er bedre kjent som Information Delivery Manual (IDM).

Den skal få fagene til å jobbe effektivt sammen og beskriver krav til leveranser fra de enkelte prosessene. Den beskriver aktører, prosedyrer og krav til leveranse i prosjekter. Videre definerer den ytelsene fra, og grensesnittene mellom fagene (*Hvorfor buildingSMART*, 2012). Med dette skal den gi fagene en felles måte for informasjonsutveksling.

Det er først når det er enighet om de ovennevnte standardene at åpenBIM er oppnådd. For å oppsummeres er det et behov lagringsformat (IFC), enighet om terminologi (IFD) og dette må kobles til relevante forretningsprosesser (IDM). Med andre ord må teknologien, verktøyet og arbeidsprosessen være på plass. Mer detaljert fremstilling og utarbeidelse av en IDM kommer frem i kapittel 3.5

3.4 Den fjerde dimensjonen

Til tross for at denne fremgangsmåten kan fremstå som ny for de aller fleste ble den opprinnelig utviklet sent på 1980 tallet av store organisasjoner som var involverte i bygging av komplekse infrastruktur, kraft og prosess prosjekter. Den ble utviklet for å minske feil i planleggingen som førte til forsinkelser og ekstra utgifter. Modellene ble da utviklet manuelt hvor bilder fra hver fase eller periode i prosjektet var resultatet. I tillegg ble nyttige 3D modeller av for eksempel tårnkraner satt inn i 4D modellen for å bedre illustrere fasene og bedre logistikken. Etter utviklingen av BIM har planleggerne kunne lage, vurdere og redigere 4D modellene oftere og lettere (Eastman et al., 2011). Bruken av den fjerde dimensjonen i BIM åpner altså ikke bare opp for planlegging, men også for kontroll og visualisering. Disse aspektene vil bli utdypet i dette delkapittelet.

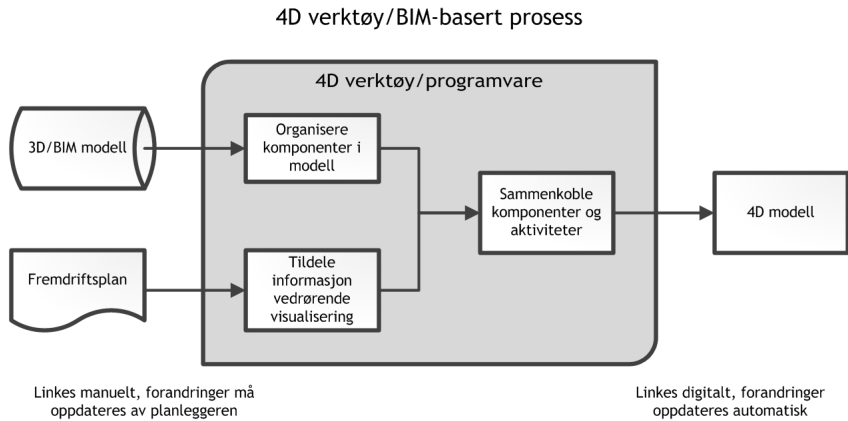
3.4.1 Oppbygging av 4D

Som nevnt i 3.1 Grunnleggende teori, bygger bruken av 4D i BIM videre på den opprinnelige 3D modellen som åpnet opp for mengdeuttak, kollisjons kontroller og visualisering. 4D integrerer disse mulighetene med tid i form av ressurser og produksjonsrate. 4D modellene blir vanligvis laget ved å koble bygningsdeler/objekter fra 3D/BIM-modeller med aktiviteter fra aktivitetsbaserte planleggings metoder (Jongeling, Kim, Fischer, Mourgues & Olofsson, 2008).

Eastman et al. (2011) mener at det i hovedsak er tre forskjellige fremgangsmåter for oppbygging av 4D:

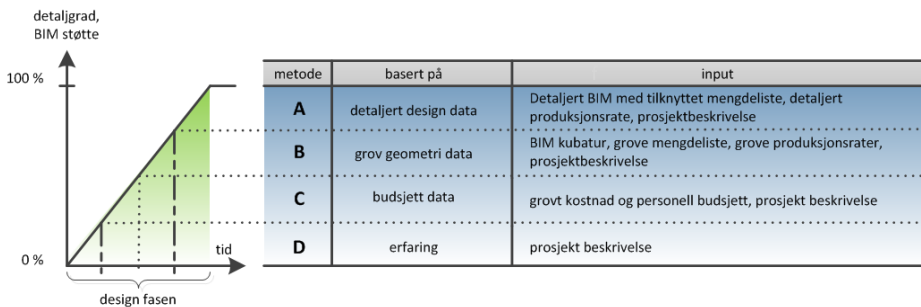
1. Manuell metode ved bruk av 3D- eller 2D-verktøy
2. Innebygde 4D-funksjoner i 3D- eller BIM-verktøy
3. Eksportere 3D/BIM til 4D-verktøy for så å importere fremdriftsplanen

Den manuelle fremgangsmåten har allerede blitt brukt i flere tiår med markerings-tusjer og tegninger, med forskjellige farger til forskjellige sekvenser for å vise og ha oversikt over fremdriften. Dette er også gjort mulig i 2D- og 3D-verktøy ved farge- og skyggelegging i forskjellige layers (lag). Siden disse fremgangsmåtene er manuelle må alt arbeidet gjøres om igjen dersom detaljer i planen endres. Innebygde 4D-funksjoner i 3D- eller BIM-verktøy har oftest kun den mest elementære funksjonen som knytter objektene til faser av byggeprosessen. Dermed er det ikke mulig å implementere selve planen og dens informasjon inn i verktøyet. Noe som fører til at den ikke egner seg til noe annet enn å vise de grunnleggende fasene. Mens med egne 4D-verktøy legges det til rette for en mer avansert produksjon og redigering av 4D-modeller, hvor planleggerne får tilgang til flere funksjoner og tilpassinger av modellen. 4D-modellen kan dermed modelleres etter eget behov ved å importere relevant data fra modellen og aktiviteter før de tilegnes ytterligere informasjon. Eksempler på dette kan være produksjonsrate, type og lignende. Figur 3.2 viser en forenklet arbeidsprosess til denne fremgangsmåten.



Figur 3.2: Prosessen til 4D-modellering (Eastman et al., 2011)

Grunnleggende teori om byggeprosessens praktiske gjennomføring viser at planlegging ofte går parallelt med andre nøkkelprosser som arkitekturell design, kostandsesterimering og lignende (Tulke, Nour & Beucke, 2008b). Som kjent blir hver av disse nøkkelprossene i et prosjekt ofte gjennomført av aktører med spesialkompetanse innenfor hvert felt. På grunn av fragmenteringen av byggeprosjekter arbeider ofte disse aktørene også i forskjellige bedrifter som har sine egne arbeidsrutiner og programvarer for produksjon av informasjon nødvendig for gjennomføringen av et byggeprosjekt. Behovet for å starte planleggingsprosessen kommer ved en hver prosjektstart hvor det trengs kostnads- og tidsestimering. Avhengig av hvilket stadi planleggingsprosessen i prosjektet er på og det relaterte detaljnivået til den tilgjengelige prosjekteringsinformasjonen er det brukt fire forskjellige metoder for å forutsi varigheten til aktiviteten, Figur 3.3.



Figur 3.3: Planlegging i tilknytning detaljgrad og BIM støtte (Tulke et al., 2008b)

I prosjektets tidligste fase kan estimeringen av varigheten til prosjektet og dets aktiviteter bare basere seg på erfaringer fra foregående prosjekter og prosjektbeskrivelsen (D). Denne metoden kan også brukes til å forutsi aktiviteter ikke direkte knyttet til produksjon, for eksempel prosjektering eller innkjøpsprosessen. Så snart budsjettet for prosjektet er brutt ned til i forskjellige fag, kan den informasjonen sammen med et grovt kostnad- og personell budsjett og prosjektbeskrivelse brukes til å forbedre planen ytterligere (C). Når en grov arkitekтуell design blir tilgjengelig kan mer konkrete tids forutsigelse bli gjennomført basert på mengder per enhet og grov produksjonsrate (B). Mens den mest presise tids forutsigelsen kan kun bli gjort med detaljert prosjekteringsinformasjon (A) (Tulke et al., 2008b).

I denne metoden blir de virkelige mengdene kombinert med presise produksjonsrater knyttet til hver enkel aktivitet. De nødvendige mengdene er normalt manuelt kalkulert på bakgrunn av 2D-tegninger eller regneark. Det bør nevnes at metodene (A-D) ikke er bundet til de forskjellige fasene av prosjektet og at den mest hensiktsmessige metoden til den gitte aktiviteten kan benyttes. For å visualisere den romlige konteksten av fremdriftsplanen kan 4D visualisering benyttes, men bare etter at planen er ferdig og bare hvis detaljerte prosjekteringsdata er tilgjengelig. Som en forutsetning for en 4D-simulering må en BIM modell skapes og knyttes til tidsplanen.

Under denne arbeidsprosessen (4D-modellering) er detaljgraden av geometrien og mengdene som trengs da påvirket av konstruksjons-sekvensen i fremdriftsplanen. Dette kommer spesielt frem hvis flere alternative fremdriftsplaner skal produseres basert på den samme BIM-modellen. Detaljnivået til objektene må da ikke være grovere enn den største felles partisjoneringen av de samlede fremdriftsplanene, se Figur 3.4.



Figur 3.4: Fremdriftsplanens innvirkning på objektene detaljnivå (Tulke et al., 2008a)

Dette gjelder også når det kommer til fremstillingen av en enkelt fremdriftsplan, men da i mindre grad. Da vil det for eksempel kun være nødvendig å dele opp BIM-objektene etter oppdelingen av aktivitetene. Tulke et al. (2008a) forklarer at dette ofte leder til konflikter og viser til andre rapporter om temaet. Problemene

oppstår på grunn av at de involverte komponentene (BIM-modellen, mengdelisten og fremdriftsplanen) i vanlig praktisk ikke trenger å bli generert i en gitt rekkefølge og heller ikke av samme aktører.

For eksempel produserer arkitekten først en BIM-modell hvor det er fokus på det estetiske, brukerbehov og med tanke på objektenes detaljnivå, effektiviteten til genereringen av modellen. Med dette menes at det ikke blir lagt noen tanke i om et betongdekke må støpes i flere etapper. Etter dette kan det bli gjennomført et mengdeuttak og opprettet byggebeskrivelse av ingeniører på bakgrunnen av modellen, men det kan også være nødvendig å legge til manglende informasjon. Senere under planleggingen blir mengdene igjen benyttet for å forutsi varigheten til de forskjellige aktivitetene. Samtidig benyttes også BIM-modellen for visualisering av planen. For å kunne gjennomføre dette så effektivt som mulig mener Tulke et al. (2008a) at det er klart at objektenes detaljnivå i modellen må i vært fall samsvare med detaljnivået til aktivitetene i fremdriftsplanen.

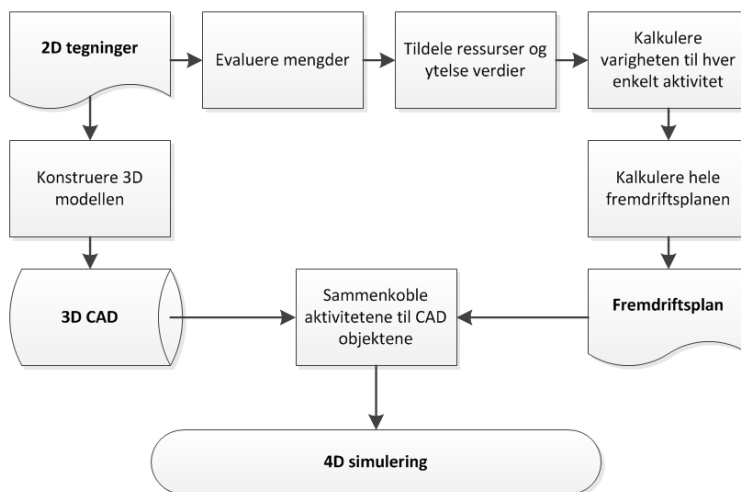
Som et resultat av dette må det flere iterasjoner mellom de involverte aktørene for å oppnå det nødvendige detaljnivået som er passende for de tre produktene. En mer detaljert fremstilling av den vanlige prosessen følger, samt en forbedret prosess.

3.4.2 Vanlig prosess til 4D-planlegging

Figur 3.2 gir en forenklet oversikt av den vanligste fremgangsmåten for 4D-planlegging. I virkeligheten fremstår den mer kompleks. Tulke og Hanff (2007) beskriver den som følgende; For å generere en 4D simulering må en 3D modell og en fremdriftsplan opprettes. Dette etterfølges av en svært tidskrevende manuell eller halvautomatisk sammenkobling av 3D-objektene til aktivitetene i fremdriftsplanen. Under denne sammenkoblingen må det oftest bli gjennomført en justering av detaljnivået til BIM-modellen opp mot fremdriftsplanen før 4D simuleringen kan inspiseres i en egen programvare.

Figur 3.5 tar utgangspunkt i 2D-tegninger og splittes så i to prosesser. Den ene prosessen skal levere den geometriske representasjon av prosjektet, altså BIM-modellen, mens den andre har som mål å bestemme varigheten av oppgaver og relasjonene mellom oppgavene, altså fremdriftsplanen. For å gjennomføre dette er det vanligvis involvert tre programvarepakker. En programvare for å produsere selve BIM-modellen og en for å sette opp fremdriftsplanen. Siden disse programmene normalt sett ikke kan kommunisere med hverandre eller de kun har de mest elementære funksjoner så kreves det et tredje program, en 4D-simuleringsprogramvarepakke. Dataene fra de to førstnevnte programvarene eksporteres separat til 4D-simuleringspakken, som igjen gir midler for å koble dem sammen.

Hvis det oppdages feil i fremdriftsplanen, må det gjøres forandringer i modellen eller fremdriftsplanen eller justering av detaljnivået er nødvendig og noen av sammenkoblingene må forandres kreves det ofte flere iterasjoner for å oppnå ønsket



Figur 3.5: Vanlig prosess til 4D-planlegging (Tulke & Hanff, 2007)

kvalitet og presisjon av 4D simuleringen. For hver gang slike endringer gjøres i 3D modellen eller fremdriftsplanen må følgende oppgaver utføres:

- tilpasse og justere fremdriftsplanen (fremdriftsplanleggeren)
- forandre detaljnivået i 3D-modellen (BIM-koordinator)
- eksportere data til 4D programmet
- sammenkoble aktivitetene med objektene
- justere visualiseringsparameterne
- kjøre 4D simuleringen

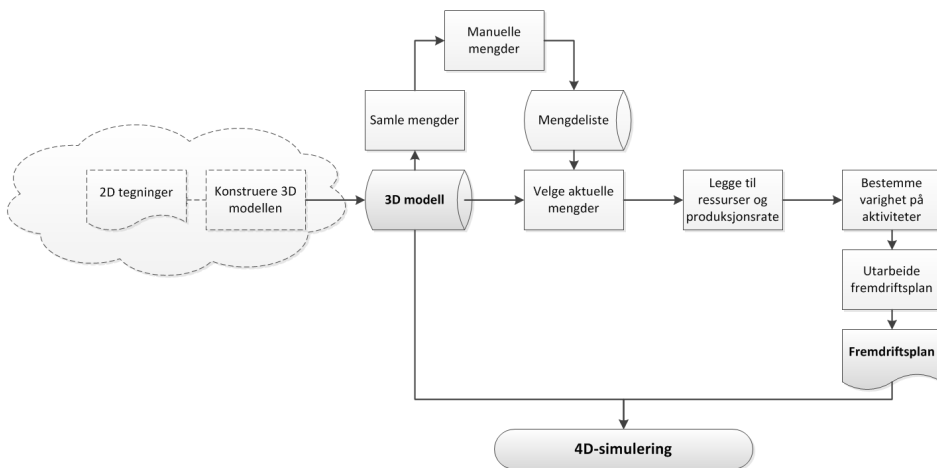
For å si det på en enklere måte så må sammenkoblingen mellom aktivitetene i fremdriftsplanen og bygningselementene forandres manuelt for hver gang det må gjøres endringer i enten 3D-modellen eller fremdriftsplanen. Videre følger det ikke med informasjon om mengder og ressursbehov i ordinære 4D simuleringer. Denne uutnyttede informasjonen er tapt og kan dermed ikke brukes i videre analyser/evalueringer.

3.4.3 Forbedret prosess

I artikkelen «4D Construction Sequence Planning - New Process and Data model» av Tulke og Hanff (2007) presenteres det et eksempel på en forbedret 4D prosess som blant annet inkluderer mengdeuttak for å bestemme varighetene i fremdriftsplanen og mulighetene for å evaluere foreløpig fremdriftsplan i 4D-simulering. Denne prosessen vil bli sett nærmere på i dette avsnittet.

Under sammensetningen av fremdriftsplanen for et prosjekt må varigheten for hver aktivitet bestemmes. Denne varigheten er avhengig av mengder og andre parametere som byggingmetode, kompleksitet av prosjektet, grensebetingelser, tildelte ressurser og utstyr. Ved å benytte mengdeuttak fra BIM-modellen kan denne arbeidsprosessen effektiviseres. Det kommer av at det er enklere tilgang til mengdene som igjen vil føre til en enklere beregning av varigheten på aktivitetene i fremdriftsplanen. De ekstraherte mengdene blir lagret i en database slik at planleggeren kan benytte seg av dem og knytte dem til de forskjellige aktivitetene. På denne måten kan planleggeren også legge til mengder manuelt. Dette kan være mengder som ikke er inkludert i 3D modellen på grunn av objektets kompleksitet og produksjonstidsbruk. Basert på CAD-objektens egenskaper kan planleggeren velge ut mengder i databasen etter de restriksjonene han selv vil. Dette kan være type objekter (vegger, søyler, plater osv.), nivåer i bygningen (første, andre og tredje etasje) eller visse bransjer (betongarbeider, stålarbeider osv.).

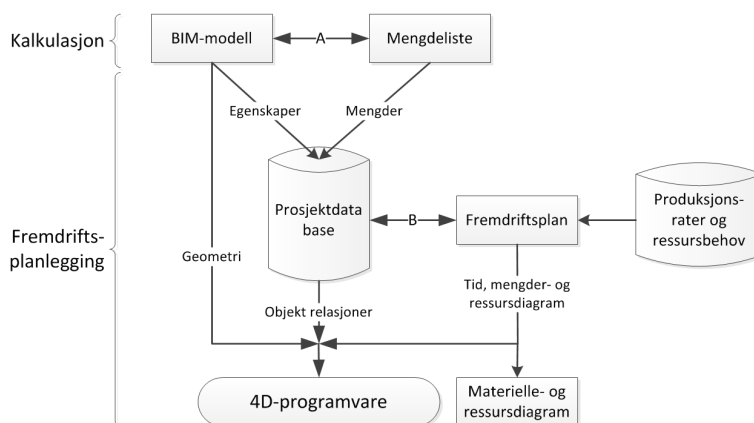
Ved å anvende Standard Query Language (SQL)¹ i denne nevnte databasen er det mulig og gradvis etablere en forbindelse mellom aktivitetene og mengdene. Dette vil også føre til en sammenkobling mellom aktivitetene og objektene slik at dette blir en sammenhengende prosess. Prosessen går fra å være en manuell sammenkobling mellom aktiviteten og objektene til å være en regelbasert sammenkobling av modellen og fremdriftsplanen. Den regelbaserte forbindelsen vil gjøre det enklere å håndtere endringer og 4D-simuleringen kan oppdateres automatisk. Figur 3.6 viser den forbedrede prosessen.



Figur 3.6: Forbedret prosess til 4D-planlegging (Tulke & Hanff, 2007)

¹SQL er et ikke-prosessuelt språk, noe som betyr at i stedet for at man kontrollerer hvordan programmet skal kjøre, så forteller man programmet hva man vil, og det finner ut hvordan det skal oppnås.

Tulke og Hanff (2007) forklarer videre at dataflyten i denne prosessen kan deles inn i to deler; kalkulasjon og fremdriftsplanlegging. I hver av disse delene foregår det i hovedsak en kommunikasjon mellom to programvarepakker, representert i Figur 3.7 med A og B.



Figur 3.7: Datamodell til forbedret prosess (Tulke & Hanff, 2007)

Grensesnittet A er kommunikasjonen mellom BIM programvaren og den programvarepakken som oppretter mengdelisten. Det trengs med andre ord en programvare for å produsere modellen og en for å sette sammen mengdelisten. På denne måten kan mengder bli hentet ut fra BIM-modellen, mens de også kan suppleres med manuelt bestemte mengder som forklart innledende i delkapittelet.

Grensesnittet B er kommunikasjonen mellom prosjektdatabasen og den programvaren som benyttes for å lage fremdriftsplanen. Prosjektdatabasen inneholder mengder fra mengdelisten og egenskapene til de samhørende BIM-objektene. Skjæringspunktet mellom kalkulasjon og fremdriftsplanlegging er mengdelisten som er lagret i prosjektdatabasen (Tulke & Hanff, 2007).

Etter at BIM-objektene og mengdelisten er koblet sammen med prosjektdatabasen er det mulig for fremdriftsplanleggeren å velge mengder fra databasen for så å knytte dem til aktiviteter. Ved å legge inn produksjonsrater kan planleggeren bestemme varigheten til aktivitetene i fremdriftsplanen. I tillegg har han mulighet til å legge inn informasjon om hvilke faggrupper som skal utføre de forskjellige oppgavene og tilgjengelige arbeidsressurser. På denne måten kan planleggeren effektivt analysere hvilke behov for materiell og arbeidskraft prosjektet har til en hver tid gjennom hele prosjektet.

Prosjektdatabasen kan sees på som selve kjernen til denne forbedrede fremgangsmåten. Det er gjennom den det opprettes koblinger mellom objektene, mengdene og aktivitetene på en mer effektiv måte. Etter at fremdriftsplanen er komplett er

neste ledd å overføre geometrien fra BIM-modellen, start og slutt datoer til aktivitetene og objektrelasjonene fra databasen til en programvarepakke for 4D.

Siden koblingene mellom aktivitetene og BIM-objektene opprettes parallelt med fremdriftsplanen er det mulig å gjennomføre relevante 4D-oppgaver til en hver tid. Det kan for eksempel gjøres en verifisering i 4D allerede i utførelsen av innledende fremdriftsplaner.

3.4.4 4D verktøy

I denne oppgaven skilles det mellom rene 4D verktøy og BIM verktøy som har mulighet for faseinndelinger. Autodesk Revit er et eksempel på et bygningsinformasjonmodellerings verktøyer som gir brukerne mulighet til å dele modellen inn i forskjellige faser for å illustrere en enkel fremdriftsplan. Men dette programmet gir ikke muligheten for mer detaljert fremdriftsplanlegging. Dette delkapitlet gir en kort beskrivelse av utvalgte 4D verktøy som er spesielt utviklet for planlegging, analyse og vurdering av fremdriftsplaner.

3.4.4.1 Autodesk Navisworks

Autodesk Navisworks er et prosjektgjennomgangs program som skal hjelpe alle aktørene i byggeprosessen til en helhetlig gjennomgang av en samlet modell for å kontrollere prosjektets utfall. Dette verktøyet gir mulighet for koordinering, simulering og prosjektanalyse gjennom planlegging, identifisering og koordinering av kollisjoner samt mengdeuttak. Verktøyet gir brukerne mulighet til å sette sammen BIM-modeller til en komplett modell som inneholder alle fag. På denne måten kan programmet benyttes for visuell kontroll av prosjekteringsgrunnlaget. Ved å videre integrere eksterne fremdriftsplaner kan planleggere visualisere og validere planene sine. De kan i tillegg simulere alternative planer for å finne den mest optimale. (*Autodesk Navisworks, Project Review Software, 2013*)

3.4.4.2 Vico Office

Vico Office er et integrert konstruksjonledelses verktøy som dekker 2D, 3D, 4D og 5D BIM. Dette går enkelt forklart ut på koordinering av prosjektering og modell, lokasjonsbasert planlegging, kostnadsplanlegging og produksjonskontroll. De legger sin flid i å ha null tap av informasjon mellom prosjektering, kalkulasjon og produksjon. Verktøyet gir brukeren en måte å kommunisere mellom de forskjellige aktørene i prosjektet samt de interne avdelingene kalkulasjon, innkjøp og produksjon. Hvis arkitekten for eksempel velger å skifte høyden eller ha færre søyler i en etasje vil det skape en kjedereaksjon gjennom verktøyet. De forskjellige elementene i verktøyet, som for eksempel planlegging eller kostnadskontroll, vil dermed bli automatisk oppdatert på bakgrunn av den forandringen som har blitt gjort av arkitekten. Som nevnt over gir verktøyet også mulighet for lokasjonsbasert planlegging noe som visualiserer planleggingen bedre ved en linjebasert presentasjon av

aktivitetene på en annen måte enn den tradisjonelle planleggingen. (*Vico Office Suite*, 2013)

3.4.4.3 Synchro Professional

Synchro Professional er et prisbelønt 4D verktøy innenfor produksjonsplanlegging, fremdriftplanlegging, ressursforvaltning og 4D visualisering. Verktøyet gir brukeren mulighet til å vurdere flere alternative fremdriftsplaner, overvåke planen, ressurs- og tidsfordeling, evaluere risiko og gjennomføre kostnadsanalyse. Dette åpner dørene for å kunne definere samt kommunisere til alle involverte i produksjonen om hva, når og hvor arbeidet skal gjennomføres under hele byggeprosjektet. (*Synchro Professional*, 2013)

3.4.5 Valg av 4D verktøy

Valg av verktøy er tatt på grunnlag av HENT AS tidligere utførte studentoppgaver omhandlende VICO Software og samtaler med veiledere. Med dette ble to av de tre verktøyene presentert i forrige delkapittel (VICO Software og Navisworks) lukket bort og Synchro professional fremstod som det beste alternativet.

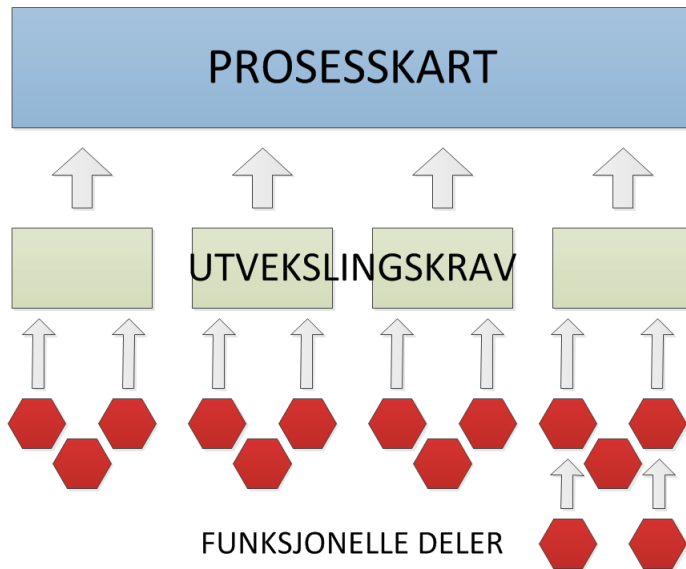
Synchro er et avansert 4D/5D verktøy som levere tradisjonell prosjektplanlegging og kontrollerer rapportering, 4D visualisering og avansert video produksjon. Programmet er unikt med sin evne til å levere en full data synkronisering (import og eksport), for å lette arbeidsprosesser for både oppstrøms og nedstrøms leveringsprosesser. I tillegg kan verktøyet utføre romlig 4D koordinering for statiske og dynamiske analyse og konfliktløsning. Verktøyet kan benyttes i de fleste prosjekter hvor det benyttes BIM og det benytter seg av den tradisjonelle planleggingsmetoden CPM (jfr. 5). Gjennomgang av programvaren og dets muligheter fremkommer i kapittel 8.

3.5 Information Delivery Manual

IDM er innledende beskrevet som en prosess standard som skal beskrive aktører, prosedyrer og krav til leveranse og på denne måte danner en felles måte for informasjonsutveksling. Dette kapittelet beskriver hovedelementene i IDM og vil på denne måten danne grunnlaget for utarbeidelse av en enkel IDM for 4D fremdriftsplanlegging etter ISO:29481-1:2010.

3.5.1 Generelt

En IDM for et komplett byggeprosjekt må inneholde alle aktørene, prosedyrene og kravene som fremkommer i byggeprosjekter noe som vil være for stort og omfattende å utarbeide. I stedet for å utarbeide en komplett IDM er det mer vanlig å utarbeide IDMer for spesifikke temaer. Det blir dermed et spørsmål om å bestemme hvilke komponenter av informasjonen som finnes i byggeprosjekter som skal brukes til å oppfylle kravene til det spesifikke emnet. Figur 3.8 viser de tre grunnleggende komponentene i en IDM og hvordan de forholder seg til hverandre.



Figur 3.8: Grunnleggende rammeverk for IDM, ISO:29481-1:2010

For å utarbeide en enkel IDM må disse tre grunnleggende komponentene være til stede. En IDM som går mer detaljert inn i det spesifikke temaet kan utarbeides ved å analysere prosessen dypere og implementere flere objekter som påvirker de grunnleggende rammeverkene. Eksempler på dette er forretningsregler og valide-

ringsregler. Disse dekkes ikke i denne masteroppgaven. Overordnet skal hver IDM komponent starte med en kort klartekst beskrivelse om hva IDMen er ment å løse eller om hvilke bestemte emner eller informasjonen som skal utveksles. Hvis en eksisterende IDM kan benyttes istedenfor å utvikle en ny er det ønskelig (Karlshøj, 2011a).

3.5.1.1 Prosesskart

Hensikten til prosesskart er å beskrive strømmen av aktiviteter innenfor grensen til det spesifikke emne, rollene til de involverte aktørene sammen med den nødvendige informasjonen. ISO:29481-1:2010 anbefaler bruken av BPMN (Business Process Modelling Notation) til utviklingen av prosesskartet. Prosesskartet skal sette grensen for omfanget av informasjon som finnes i prosessen, etablere aktiviteten i prosessen og vise den logiske rekkefølgen til aktivitetene. Grensen for omfanget av informasjon som finnes i prosessen kommer frem gjennom innholdet til utvekslingskravene.

Et prosesskart må med dette inkludere utvekslingskravene (3.5.1.2) som er innenfor omfanget til prosessen og en oversikt som gir en omfattende beskrivelse av den totale prosessen. Videre må hver delprosess innenfor prosesskartet ha en unik identitet og navn. Det skal også følge en beskrivelse av disse delprosessene.

Hvis det er noen utvekslingskrav som ikke absolutt er nødvendig for å gå gjennom enkelte delprosesser innenfor prosesskartet må det merkes med en såkalt gateway. Hvor harde gatewayer merker prosesser hvor all informasjon skal være i henhold til utvekslingskravet for å kunne gå videre til neste prosess. I en myk gateway trenger ikke all informasjon å være i henhold til utvekslingskravet. På denne måten kan en viss progresjon aksepteres på betingelsen at all informasjon til prosessen blir validert senere.

3.5.1.2 Utvekslingskrav

Et utvekslingskrav er en beskrivelse av et sett av informasjon som må utveksles for å støtte en prosess. Denne beskrivelsen er ment å ikke være en teknisk beskrivelse siden målgruppen for utvekslingskravet er sluttbrukeren (arkitekt, rådgiver, entreprenør, etc.).

ISO:29481-1:2010 presiserer at utvekslingskravet representerer koblingen mellom prosess og informasjon. Den beskriver et sett av informasjon fra en prosess som har blitt gjennomført av en aktør i en rolle som initiativtaker som åpner for at en annen aktør eller samme aktør kan utføre neste prosessen som en eksekutør.

Et utvekslingskrav skal inneholde informasjon om på hvilket stadie kravet skal benyttes (den kan være gjeldende for flere stadier) og en oversikt som angir mål og innhold ved bruk av terminologi som er kjent for brukeren. Målet er å få brukeren til å forstå hva utførelsen av utvekslingskravet er ment for å oppnå.

Den påkrevde informasjonen er gitt av ulike informasjonsenheter. En informasjonenhet kan bestå av en type informasjon eller konsept eller interesse sånn som hele prosjektet, vegger, vinduer, etc.

Fremgangsmåten er at forhåndsbetingelsene til utvekslingskravet først blir identifisert, altså hvilke utvekslingskrav som skulle ha vært fullført før gjennomgangen av innværende utvekslingskrav. Når det er gjort blir informasjonsenhetene brutt ned i følgende deler i henhold til ISO:29481-1:2010:

- et navn for identifikasjon.
- en beskrivelse av utvekslingen av informasjon.
- identiteten til den funksjonelle delen hvor den detaljerte tekniske innholdet til informasjonsenheten beskrives.
- informasjonen som må bli utvekslet for at bestemmelsen av dette utvekslingskravet skal være tilfredsstillt. Tilhørende spesielle bestemmelser, forslag og regler relatert til informasjonen bør også være med.

3.5.1.3 Funksjonelle deler

En funksjonell del er en beskrivelse av en enhet av informasjon brukt av en aktør for å støtte et utvekslingskrav. Den beskriver informasjonen i form av de nødvendige egenskapene til industristandardinformasjonsmodell hvorpå den er basert (Karlshøj, 2011b). Med andre ord så beskriver den handlingene som må utføres innenfor prosessen for å gi de resulterende utbyttene av informasjon.

Den fokuserer altså på individuelle handlinger som må utføres innenfor en prosess. Handlingen konsentrerer seg om en bestemt informasjonsenhet innenfor et utvekslingskrav. For eksempel, for å utveksle en bygningsmodell er det først nødvendig å modellere veggene, vinduene, dørene, etc. ISO:29481-1:2010.

Hver funksjonelle del skaffer en detaljert spesifisering av informasjonen som må utveksles som et resultat av handlingen. En funksjonell del kan delta i flere utvekslingskrav, derfor blir den utviklet for gjenbruk innenfor mange utvekslingskrav. I IFC referer en funksjonell del til en enhet eller et attributt (ISO:29481-1:2010, 2010).

3.5.2 Utviklingsprosessen

ISO:29481-1:2010 presenterer fremgangsmåten for å utvikle en IDM. Utviklingsprosessens innledende steg er å fremme forslaget om utviklingen av IDM, som skaper rammen for arbeidet som skal utføres. Når dette er gjennomført påtas selve utviklingen av IDM.

3.5.2.1 Forslag om utvikling

Som nevnt skal å fremme forslaget om utvikling av IDM skape rammene for det videre arbeidet. Det innebærer å:

- definere omfanget
- å bestemme utviklingsmetode
- identifisere ressurser
- etablere en prosjekt plan

Omfanget skal sette rammene for arbeidet som skal gjennomføres og gi en kontinuerlig referanse for å forsikre at disse rammene ikke brytes. Utviklingsmetoden bestemmes ut fra tilgjengelig informasjonsgrad, programvare og andre elementer. Dette blir beskrevet nærmere i delkapittel 3.5.2.2. Ressurser er personer som det er nødvendig å ha med i utviklingen av den spesifikke IDM. Til slutt må det lages en plan for gjennomførelse.

3.5.2.2 Utviklingen av IDM

ISO:29481-1:2010 presenterer tre ulike metoder for utviklingen av en IDM. Disse metodene er prosess oppdagelse, forretningsregel tilpasning og såkalt reverse engineering. Dette delkapitlet vil beskrive den mest konvensjonelle metoden som er prosessoppdagelse med en lineær tilnærming. Men i praksis er det naturlig at det kan forekomme enkelte iterative prosesser.

Inndelingen av prosess oppdagelse metoden er enkelt forklart etter de tre grunnleggende komponentene presentert innledende. Forskjellen er at (1) må prosessen oppdages for så (2) å lage utvekslingskravene som støttes opp av (3) funksjonelle deler.

Oppdagelse av prosessen innebærer i følge ISO:29481-1:2010 å arbeide med eksperter i industrien og spesialister innenfor bygningsinformasjons systemer for å avgjøre hvor store deler av byggebransjen er innenfor det definerte omfanget. Dette åpner dørene for utviklingen av et prosesskart. Det er vanligvis nødvendig at dette kartet blir tatt gjennom flere iterative prosesser før det tilfredsstillende spesifikk emnet. Under utviklingen av kartet må det tas hensyn til om det skal bygge på dagens praksis eller om det skal foreslå en ny.

Prosesskartet vil identifisere de pakkene av informasjon som det er nødvendig å utveksle på de forskjellige punktene i prosessen. Disse pakkene er som innledende forklart forskjellige typer utvekslingskrav. Disse utvekslingskravene må så bli utviklet. Videre for å støtte disse utvekslingskravene må de funksjonelle delene så utvikles.

Kapittel 4

Fremdriftsplanlegging

Dette kapitlet beskriver planlegging på generell basis. I tillegg blir de forskjellige trinnene beskrevet og prosessen knyttet til selve gjennomføringen av fremdriftsplanlegging.

Så lenge som det har vært prosjekter, har det vært prosesser for planlegging og styring av dem. Prosessene kan bestå av alt fra enkle notater, stolpediagrammer og grunnleggende reaktive teknikker, til relativt avanserte grafiske metoder. Men det er kun i de siste femti årene at kvantitative metoder for prosjektanalyse og planlegging har blitt utviklet og dokumentert (Kenley & Seppänen, 2010). Under utviklingen som fant sted på 1950- og 1960-tallet ble det satt opp tre grunnpilarer for prosjektstyring (Rolstadås, 2011):

- Nettverksanalyse
- Prosjektnedbrytning (WBS)
- Fremdriftsmåling ved hjelp av inntjent verdi

Kompleksiteten i prosjektene har siden den gang vært stadig økende, men til tross for dette har grunnpilarene blitt stående. De kan dermed betraktes som uavhengige av hvilke planleggingsmetoder som benyttes.

Det er gjennom planlegging at start, varighet og ferdigstillestidspunkt for prosjektet eller oppgaven blir fastsatt. På engelsk benyttes uttrykkene «planning» og «scheduling» i tilknytning til forskjellige deler av planleggingen. «Scheduling» omfatter å bestemme hvilke aktiviteter som inngår, hvilken rekkefølge de må utføres i samt hvilken varighet de har. Mens «Planning» er overordnet og besvarer hva, hvordan, hvor, av hvem og når noe skal skje. Det består altså av å fastlegge tidspunkt for når hver enkelt aktivitet skal starte og slutte (Mubarak, 2010). Uten planlegging kan det dermed være vanskelig å se for seg en vellykket avslutning av et hvert prosjekt eller effektiv styring av tid, penger og ressurser (Cooke & Williams, 2009).

For at planleggingen og styringen skal kunne gjennomføres effektivt kreves det systematisk og logisk bruk av de valgte metodene samt utprøvde og testede teknikker for å sikre et vellykket utfall for samtlige av de involverte i prosjektet. Men uten forståelse av kulturen og metodikken i industrien som organiserer og utfører arbeidet, samt virkningen av de forskjellige innkjøpsstrategiene blir dette vanskelig (Cooke & Williams, 2009).

I forbindelse med teoretisk planlegging finnes det flere sentrale begreper som Rolstadås (2011) mener man må forstå og skille mellom, se Tabell 4.1. Disse benyttes i denne oppgaven.

BEGREP	FORKLARING
Aktivitet	Arbeidsoppgave som krever ressurser for å bli utført
Ressurs	Den som utfører aktiviteten
Hendelse	Det tidspunktet hvor en aktivitet starter og slutter
Milepæle	En planlagt registrerbar hendelse knyttet til gjennomføring av aktiviteter
Flyt	Angir planleggingsfrihet for aktiviteten, altså hvor mye aktiviteten kan forskyves i tid uten å påvirke prosjektets slutt dato
Slakk	Differansen mellom seneste og tidligste tidspunkt for en hendelse.

Tabell 4.1: Sentrale begrep i planlegging

I tillegg til de ovennevnte begrepene bør man være klar over på hvilken måte de ulike aktørene og fasene i byggeprosjekter påvirker planleggingen og teorien knyttet til selve prosessgangen i planleggingen.

4.1 Planleggingstrinn

Det er involvert flere forskjellige aktører i byggeprosjekter som alle har ulike behov for informasjon om prosjektet og styring av det. For eksempel så trenger kanskje ikke byggherren å bli involvert i koordineringen mellom de forskjellige fagene, men har interesse om hvordan prosjektet går, går det som planlagt eller ligger det bak skjema. Derfor utarbeides det som regel en plan i forhold til hvilke faser prosjektet er i og hvem som skal utvikle den. Rolstadås (2011) opererer med fire nivåer for planen; rammeplan, hovedplan, referanseplan og detaljplan, beskrevet i kapittel 5. Men denne inndeling forklarer i prinsippet kun detaljeringsgraden til planene og tar ikke med hvilken fase av byggeprosjektet man befinner seg i. Cooke og Williams (2009) presenterer dette med fire planleggingstrinn, hvilke aktører som utvikler planen samt hvilken hensikt planene har;

Hele prosjektet (*Byggherre*)

Byggherrens representant utvikler en fremdriftsplan med bredt rammeverk for det tenkte byggeprosjektet. Denne fremdriftsplanen inneholder nøkkeldatoer for prosjektets start og slutt samt prosjektering, kontrahering og pro-

duksjonen. Den vil med dette gi en overordnet fremdriftsplan for hele prosjektet samt inndeling av prosjektets forskjellige faser. Hensikten med denne overordnede planleggingen er;

- å etablere et grunnlag for tilsetting av rådgivere og entreprenører
- å identifisere nøkkeldatoer og/eller kritiske stadier i prosjektet
- å legge til rette for kontroll av byggeprosjektet som helhet
- å identifisere potensielle risiki for fremgang og unngå potensielle hinder for den
- å legge til rette for kostnad- og budsjettstyring
- å overvåke den faktiske fremgangen samt tiltak hvis det skjer fravik

Før tilbud (*Tilbyder*)

I kontraheringsfasen, i det entreprenøren mottar anbudet, utvikler han gjerne en fremdriftsplan som skal virke som et hjelpemiddel til denne prosessen. Prosessen vil bidra til prise metoderelaterte elementer i anbudet og samtidig den foreløpige kontrakten. Dette planleggingstrinnet tar altså for seg utviklingen av tilbudet. Det kan så enkelt start med avgjørelsen om man skal gi tilbud på anbudet eller ikke. Hensikten med denne planleggingen er:

- å etablere en realistisk kontraktperiode som tilbudet kan basere seg på
- å identifisere byggemetoder
- å vurdere elementer som påvirker tilbudsprisen
- å hjelpe oppbyggingen av den foreløpige kontrakten og anleggsutgifter
- å hjelpe selve tilbudsprosessen

Etter kontrahering (*Hovedentreprenør*)

Etter at kontraheringen er ferdig og byggeprosjektet har falt til tilbyderen (hovedentreprenør) starter arbeidet med å føye de to fremdriftsplanene som ble utviklet i de forrige trinnene sammen til en hovedplan for prosjektet ¹. På denne måten har byggherrens representant mulighet til å overvåke hovedentreprenørens fremgang i produksjonsfasen, ha oversikt over når utbetalinger skal skje og lignende. Men vanligvis vil hovedentreprenørene også utvikle en intern fremdriftsplan for eget bruk. Dette blir gjort for å ha større fortjeneste av byggeprosjektet ved å spare tid og penger. Men denne kommersielle avgjørelsen trenger ikke bestandig å slå best ut for hovedentreprenøren.

For å kunne hjelp hovedentreprenøren med organisering og ledelse av byggeprosjektet må den interne fremdriftsplanen utvikles i større detalj. Her kan flere av hoved-arbeidspakkene være tiltenkt underentreprenører avhengig av hovedentreprenørens egen ressurser. Disse arbeidspakkene vil bli utarbeidet i større detalj av underentreprenørene. Likevel er det vanlig av hovedentreprenøren å produsere en innkjøpsplan for hver underentreprenør for å kontrollere fremdriften. Denne planen vil vise både positiv og negativ tid. Der negativ

¹Denne prosessen kan variere ut fra hvilken gjennomføringsmodell som er valgt for byggeprosjektet.

tid er den tiden som trengs før produksjonen kan starte, for eksempel tid til rigging, bestillinger og prosjektering. Mens positiv tid er den tiden underentreprenøren trenger for å utføre selve arbeidet.

Hensikten med denne planleggingen er:

- å utarbeide strategi og utkast til plan
- å samsvare med forholdene i kontrakten
- å identifisere nøkkel prosjekt datoer
- å markere krav til informasjon
- å tilrettelegge for kostnadsanalyse
- å sette dato for material- og UE-leveranser

Produksjons (*Hovedentreprenør og UE*)

Planleggingen som forekommer i dette trinnet bygger videre på forrige trinn. For eksempel kan det bli utviklet en mer detaljert fremdriftsplan for en spesiell fase av byggeprosjektet eller så kan hovedentreprenøren utvikle en rekke fremdriftsplaner over kortere perioder, en til to uker, som viser dag til dag aktiviteter. Dette blir gjort av hovedentreprenør for å kunne opprettholde kontrollen og forsikre seg at prosjektet blir ferdig til rett tid og innenfor budsjettet. Som nevnt tidligere deltar underentreprenørene aktivt i denne planleggingen med enten å utvikle sine egne planer eller i diskusjon med hovedentreprenøren.

I det selve produksjonen settes i gang forandrer fremdriftsplanen karakter. Den går over fra å kun være en fremdriftsplan til et hjelpemiddel for oppfølging av prosjektet. Forsinkelser kan skje, som for eksempel forandringer i prosjekteringsgrunnlaget og uforutsette hendelser som dårlig grunn eller giftig grunn kan bli kartlagt. Dette har innvirkning på fremdriftsplanen som hovedentreprenør må imøtekomme. Fremdriftsplanen blir med dette konstant oppdatert og revidert i det forandringer inntreffer. Hensikten med denne planleggingen er:

- å overvåke fremdriftsplanen - månedlig, ukentlig og daglig
- å planlegge aktiviteter i detalj på kort sikt
- å optimaliserer og evaluere ressurser
- å holde prosjektet under evaluering og rapportere avvik med mer

4.2 Planleggingsprosessen

Cooke og Williams (2009) mener at det mest essensielle under planleggingsprosessen er å følge en logisk tankegang for å kunne utvikle en realistisk og fungerende fremdriftsplan. Men planleggingen inneholder flere steg enn kun utviklingen av de ulike fremdriftsplanene (Mubarak, 2010) og de ulike planleggingsmetodene kan ha forskjellige prosesser. Uansett kreves det nødvendig kunnskap om byggeprosessen samt erfaringsdata for å planlegge byggeprosjekter. Tabell 4.2 viser to forskjellige fremgangsmåter for å utvikle en plan.

Cooke og Williams (2009)	Mubarak (2010)
1. Bli kjent med prosjektet	1. Identifisere aktiviteten:
2. Etablere nøkkeldatoer	a) Prosjektnedbryting
3. Anslå aktivitetenes varighet	b) Detaljert prosjektnedbryting
4. Fastsette aktivitetenes rekkefølge	2. Bestemme varigheten til aktivitetene
5. Avgjøre planlegging- og utførelse metoder	3. Bestemme det logiske forholdet mellom aktivitetene
	4. Gjennomgang og analyse av planen
	5. Implementere fremdriftsplanen
	6. Kontroll og overvåking
	7. Kontinuerlig oppdatering

Tabell 4.2: Fremgangsmåte for utvikling av en plan

Fremgangsmåten presentert av Cooke og Williams (2009) betrakter kun utviklingen av selve fremdriftsplanen mens Mubarak (2010) også inkluderer implementeringen og bruken av planen. Med det fastslår han at en ferdigstilt plan skal kunne brukes til ledelse, koordinering, kontroll og rapportering. Ved å gjennomføre en kontinuerlig oppdatering og overvåking av planen vil det dannes et realistisk bilde av prosjektets fremgang og eventuell motgang.

Mubarak (2010) presenterer følgende åtte grunner for entreprenør å planlegge:

1. Kalkulere prosjektets ferdigstillelse
2. Kalkulere start og slutt for spesifikke aktiviteter
3. Koordinering mellom fag og underentreprenører, samt håndtere konflikter
4. Forutsi og kalkulere pengeflyten
5. Forbedre arbeidseffektiviteten
6. Fungere som et effektivt verktøy for kontroll
7. Evaluere effekten av forandringer (endringskrav)

8. Beviser krav som kommer av forsinkelser eller elementer som har skapt forsinkelser

Avsluttende bør det nevnes at de forskjellige planleggingsprosessene som kan forekomme ofte baserer seg på hvilke planleggingsmetoder som er valgt. Valget av planleggingsmetode forteller Brækkan (2011) avhenger av størrelse og kompleksitet på prosjektet, personlige preferanser og eventuelle kontraktsforpliktelser. Den mest fremhevede planleggingsmetoden i Norge blir betraktet i det påfølgende kapittel.

Kapittel 5

Tradisjonell planleggingsmetode

Dette kapitlet beskriver aktivitetsbasert planlegging som er den mest brukte planleggingsmetoden i dagens byggeprosjekter her til lands. Som en del av prosessen for denne metoden presenteres prosjektnedbryting, Gantt-diagram og Critical Path Method.

5.1 Aktivitetsbasert planleggingsmetode

Fra navnet, aktivitetsbaserte planleggingsmetode, er det innlysende at denne metoden tar utgangspunkt i planleggingen av de aktivitetene som skal utføres i prosjektet. Med andre ord dikteres oppdelingen av planen av hvilke aktiviteter som skal utføres. En aktivitet kjennes igjen ved at den har et arbeidsomfang med klart angitt start og slutt, at den kan tilordnes en ansvarlig person eller organisasjonsenhet for utførelse og at den har betydning for planen (Rolstadås, 2011). Eksempler på dette kan være malerarbeid, betongstøp, fundamentering etc. Det er dermed et behov for å vite hvilke aktiviteter som skal utføres, avhengigheten mellom og varigheten til dem for å kunne gjennomføre planleggingen. Oppdelingen av aktiviteter og avhengigheten mellom dem kan for eksempel utføres gjennom en prosjektnedbrytning, mens varigheten kan bergenes ut fra mengder og produksjonsrate eller baseres på erfaring.

5.2 Prosjektnedbryting

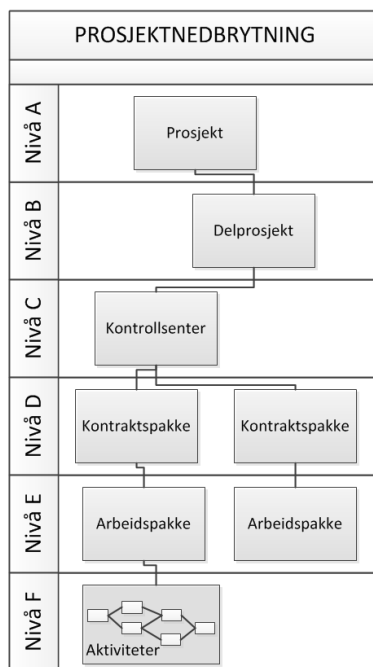
Prosjektnedbryting, kanskje bedre kjent som Work Breakdown Structure (WBS), er en måte å strukturere prosjektets arbeidsoppgave og ressurser på i et hierarki (Rolstadås, 2011). Cooke og Williams (2009) omtaler det som et nøkkelredskap for å dele opp prosjektet i ulike aktiviteter og som kan være med på å sikre at hele arbeidsomfanget til prosjektet er inkludert i planlegging- og kontrollprosessen. Det

er flere forskjellige måter å presentere prosjektnedbrytningen, men alle deler de samme fellestrekkene som er hierarki eller kaskade ordning i tilknytning med et nummereringssystem. Det laveste nivået i en WBS er vanligvis arbeidspakke, men for fremdriftsplanen er det ofte aktuelt å gå mer detaljert ved å dele hver arbeidspakke opp i aktiviteter. Hvor mange nivåer som trengs er blant annet avhengig av prosjektet størrelse. Figur 5.1 viser hvordan Rolstadås (2011) velger å gjennomføre prosjektnedbrytningen for store prosjekter.

Prosjektet deles først inn i et antall delprosjekter som representerer større hovedoppgaver eller fysiske enheter. Hvert delprosjekt deles så inn i et antall kontrollsentra som er de forskjellige partene i prosjektet sitt kontrollnivå. Hvilken gjennomføringmodell som velges for byggeprosjektet påvirker disse nivåene i stor grad. Neste nivå er kontraktspakkenivået. Dette nivået tar for seg hvilke kontrakter man ønsker å benytte, kontraktsstrategi. Det nest siste nivået er som nevnt oppdeling av arbeidspakker, eksempler på dem kan være betong-, tømmer og elektroarbeider. Disse deles så videre inn i underliggende aktiviteter. For betong kan aktivitetene bestå av for eksempel forskaling, armering, støping.

Rolstadås (2011) sammenligner de fire nedreste nivåene av prosjektnedbrytningen med de fire planleggingsnivåene som tidligere presenter i denne oppgaven; *rammeplan, hovedplan, referanseplan og detaljplan*.

Hvor rammeplanen korresponderer Nivå C og aktivitetene i den utgjøres av kontrollsentra. Det er dette nivået partnere vil bruke for å følge opp prosjektet dersom det er flere eiere. Hovedplanen korresponderer så med Nivå D, aktiviteten i denne planen vil bestå av kontraktspakker. Dette står på lik linje med planleggingen av «Hele prosjektet (*Byggherre*)», side 38. Referanseplanen korresponderer med Nivå E og aktiviteten i den utgjøres av arbeidspakkene. Denne planen legges normalt til grunn for oppfølging av prosjektet og ligger på lik linje med «Etter kontrahering (*Hovedentreprenør*)». Til slutt er detaljplanen som korresponderer med Nivå F og aktiviteten i den utgjøres av aktiviteten som springer ut fra sine representative arbeidspakker. Denne planen kan betraktes som den ligger på lik linje med «Produksjon (*Hovedentreprenør og UE*)».



Figur 5.1: WBS-nivåer (Rolstadås, 2011)

Tabell 5.1 viser en oversikt over WBS-nivåene, samt hvilke planleggingsnivåer de korresponderer med.

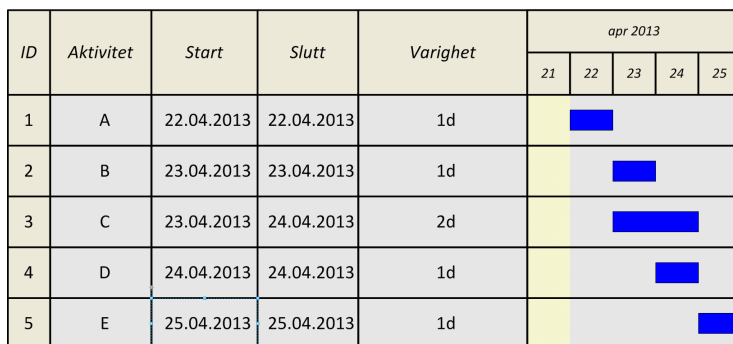
WBS-nivå	WBS betegnelse	Planl.-nivå	Betegnelse på planleggingsnivå
A	Prosjekt	-	
B	Delprosjekt	-	
C	Kontrollsenter	0	Rammeplan
D	Kontraktspakke	1	Hovedplan
E	Arbeidspakke	2	Referanseplan
F	Aktivitet	3	Detaljplan

Tabell 5.1: WBS-nivåer og planleggingsnivåer (Rolstadås, 2011)

Etter å ha gjennomført den nødvendige prosjektnedbrytningen for den tenkte fremdriftsplanen er aktivitetene og tildels sammenhengen mellom dem funnet. Det er da nødvendig å velge hvilken metode man skal benytte, definere sammenhengen ytterligere og beregne varigheten til aktiviteten.

5.3 Lenket Gantt-diagram

Originalt utviklet Henry L. Gantt i 1917 en stolpediagram-metode for fremstilling av fremdriftsplan, bedre kjent som Gantt-diagram. Dette er en grafisk fremstilling av prosjektets aktiviteter vist i en tidsskalert taktstrek (Mubarak, 2010). Og det var akkurat denne grafiske fremstillingen i tillegg til diagrammets enkelhet og oversiktlige natur, som de aller fleste kan forstå, som førte til at metoden raskt ble populær i byggebransjen.



Figur 5.2: Et enkelt Gantt-diagram

Figur 5.2 viser et Gantt-diagram i sin enkleste form. Hver aktivitet har en egen «stolpe» som representerer varigheten til den spesifikke aktiviteten, men avhengighetene mellom aktivitetene vises ikke. Rolstadås (2011) mener at en annen ulempe

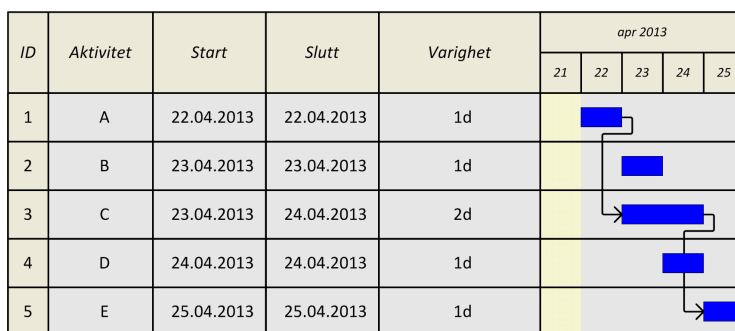
med Gantt-diagram er at plasseringen av en aktivitet på diagrammet krever samtidig beslutning med hensyn til disponering av ressurser og aktivitetens varighet. Dette er noe som enklere kan bli gjennomført i en nettverksrepresentasjon av terminplanen, men dette er ikke like oversiktlig og lett forståelig.

Et nettverk er representert ved en graf som består av knutepunkter og linjer. Det finnes i hovedsak to forskjellige metoder for dette; AOA - Activity on Arc og AON - Activity on Node. Forskjellen er enkelt forklart ved at AOA-nettverk benytter linjene til å representere aktivitetene, mens AON-nettverk benytter knutepunktene. Linjene angir rekkefølgerelasjoner mellom aktivitetene (Rolstadås, 2011). Men disse to nettverkene gir ikke muligheten for overlappende aktiviteter siden det baserer seg på at «aktivitet B kan starte så snart som A er ferdig». Presedensnettverk er et videreutviklet AON-nettverk som kan representere fire forskjellige typer avhengigheter, se Tabell 5.2.

AVHENGIGHET	FORKLARING
Finish-to-start	Aktivitet B starter først etter at aktivitet A er avsluttet
Start-to-start	Aktivitet B kan ikke starte før aktivitet A har startet
Finish-to-finish	Aktivitet B kan ikke avsluttes før aktivitet A er avsluttet
Start-to-finish	Aktivitet B kan ikke avsluttes før aktivitet A er startet

Tabell 5.2: Fire typer avhengigheter, fritt gjengitt (Mubarak, 2010)

I praksis mener Rolstadås (2011) derimot at det neppe vil være snakk om nettverk eller Gantt-diagram, men snarere en kombinasjon av disse to representasjonsmåtene. Lenket Gantt-diagram, se Figur 5.3, har blitt utviklet på bakgrunn av de ovennevnte metodene og hovedsakelig som en konsekvens av utviklingen av prosjektledelses dataprogrammer. Programvarene muliggjør å innføre en avhengighet mellom aktivitetene i Gantt-diagrammet på lik linje med nettverksmetodene og dermed forsvinner den største ulempen med bruken av Gantt-diagram (Cooke & Williams, 2009). Denne avhengigheten kan benyttes videre sammen med varigheten til aktiviteten for å kalkulere prosjektets samlede varighet.



Figur 5.3: Enkelt lenket Gantt-diagram

5.4 Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method er en metode for å kalkulere prosjektets antatt samlede varighet ved bruk av aktivitetsbasert planleggingsmetode. Det finnes også en alternativ metode under navnet *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Den arbeider med stokastiske anslag av aktivitetens varighet, altså en mer detaljert kalkulasjon med sansynlighetsberegning, noe som er en mer krevende prosess. Det har ført til at CPM er den dominerende metoden for planlegging, fremdriftsplanlegging og kontroll av bygg og anlegg per dags dato (Kenley & Seppänen, 2010).

Denne metoden arbeider med deterministiske anslag for varighet av aktivitetene (Rolstadås, 2011) og avslører hvilke aktiviteter som ikke har flyt (så lenge prosjektet ikke har en kjent slutt-dato), og dermed prosjektets lengste rute gjennom fremdriftsplanen. For å få til dette trengs det, som nevnt innledende å ligge til rette for hvilke aktiviteter som inngår, hvilke avhengigheter som gjelder mellom aktivitetene og aktivitetenes varighet.

5.4.1 Beregning av varighet

Fra gjennomføringen av WBS blir det kartlagt hvilke aktiviteter som inngår i prosjektet, og til dels avhengigheten mellom dem. Cooke og Williams (2009) forklarer at vurderingen av varigheten til aktiviteter ikke er noe eksakt vitenskap. Dette gjelder spesielt i prosjektets tidligste faser når det foreligger lite detaljert informasjon. Da avhenger planleggere i stor grad av erfaring og skjønn. Senere i prosjektet, når mer detaljert informasjon er tilgjengelig, kan varigheten til aktiviteten beregnes ved hjelp av mengder og produksjonsraten til de utførende.

$$\frac{Mengde}{Produksjonsrate} = Timer \quad (5.1)$$

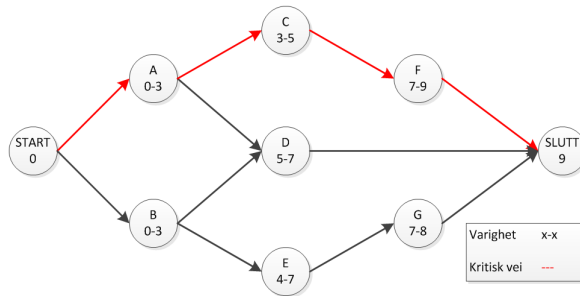
$$\frac{Timer}{Antall timer per dag} = Dager \quad (5.2)$$

$$\frac{Dager}{Antall dager per uke} = Uker \quad (5.3)$$

En alternativ metode er å multiplisere timeverk med mengder. Men det er dermed ikke sagt at varigheten til aktivitetene er 100 % fastsatte. Det er flere forhold som kan påvirke dem både negativt og positivt. For eksempel vær, bygge kompleksitet, grunnforhold, sykdom, leveranser etc. Samtidig kan det være enkelte aktiviteter i prosjektet som ikke er fastsatt og som planleggeren må bestemme varigheten til basert på sin erfaring.

5.4.2 Kritisk vei

Når det både er lagt til rette for hvilke aktiviteter som inngår, hvilke avhengigheter som gjelder mellom aktivitetene og aktivitetenes varighet er det mulig å finne prosjektets lengste rute gjennom fremdriftsplanen. Denne ruten har fått navnet kritisk vei og viser hvilke sammenhengende kritiske aktiviteter som direkte påvirker prosjektets varighet (Rolstadås, 2011). Disse aktivitetene er kritiske på grunn av at en hver forsinkelse i aktivitetenes start eller slutt forsinker hele prosjektet (Mubarak, 2010). Det kan forekomme mer enn en kritisk vei i prosjekter og hvis prosjektets slutt-dato er kjent vil den kritiske veien være den hvor det forekommer minst flyt.



Figur 5.4: Enkelt eksempel på kritisk vei

Figur 5.4 presenterer et enkelt eksempel på en kritisk vei representert ved aktivitetene A, C og F. Hvis aktivitet C blir forsinket med 2 dager vil det føre til at aktivitet F starter 2 dager senere. Som igjen vil føre til at prosjektets slutt blir 2 dager forsinket.

Del III

Entreprenøren og Case

Kapittel 6

HENT AS

I dette kapitlet presenteres den samarbeidende entreprenør HENT AS. I tillegg blir intervjuer og studie av interne prosedyrer av produksjonsplanleggingen samt implementering av BIM i HENT beskrevet.

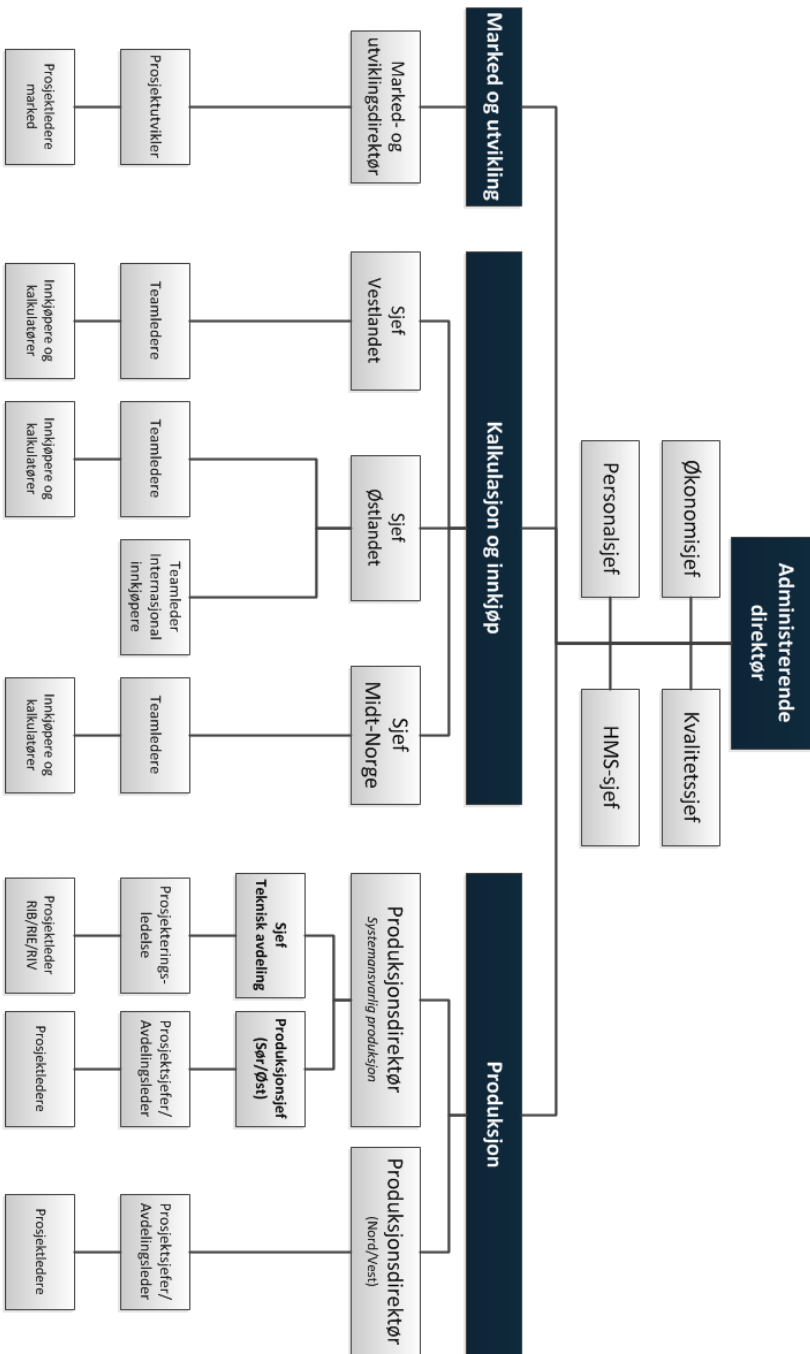
6.1 Om entreprenøren

HENT AS er en landsdekkende entreprenør som gjennomfører alle typer byggeprosjekter. De ble etablert i 1980, da under navnet Bygg og Anlegg AS. Det var først i 2007 at Heimdal Entreprenør AS tok navnet HENT AS. Hovedkontoret ligger i Trondheim, med avdelingskontorer i Oslo, Hamar, Ålesund og Bergen. De har om lag 420 ansatte og hadde ei omsetning i 2012 på ca. 2,9 milliarder, med kontinuerlig vekst i antall ansatte samt omsetning per ansatt.

HENT leverer en rekke store byggeprosjekter til offentlige og private utbyggere over hele landet og har gjennomført mange store samspillprosjekter. Hovedvekten deres ligger på totalentrepriser og samspillprosjekter. Ved å benytte sin egenutviklede gjennomføringsmodell «HENT Totalverdi» deltar de aktivt i verdiskapning for sine oppdragsgivere gjennom aktiv deltakelse og integrert prosjektutvikling. Ett av deres viktigste varemerker er en komplett deltakelse fra ide til overlevering.

I 2008 og 2009 mottok HENT gullhjelmene fra Statsbygg for godt HMS arbeid og har de siste årene levert en rekke 0-feil prosjekter. I 2012 ble de sertifisert i henhold til kvalitetsstandard ISO 9001. De har med dette en ambisjon om å levere riktig kvalitet gjennom risikobasert kvalitetssikring, ved å avdekke risiko så tidlig som mulig, risikoreducerende prosjektering, utførelse og kontrollregimer ved forhøyet risiko. (*HENT AS*, 2013).

I denne rapporten har studenten samarbeidet spesielt med Produksjonsavdelingen Nord/Vest og den tekniske avdelingen i bedriften. Figur 6.1 viser oppbyggingen av HENT som organisasjon.



Figur 6.1: Overordnet organisasjonskart

6.2 Planlegging i HENT

I HENT er planlegging en del av den røde tråden som går gjennom prosjektene (Torjul, Eilertsen, Høstmælingen & Tveit, 2013). Gjennom egne prosedyrer gis det retningslinjer og krav til hvordan produksjon skal planlegges. Det er deretter opp til prosjekt- og anleggsleder for hvert prosjekt å gjennomføre selve planleggingen. Per dags dato er et komplett styringsdokument under revisjon, men ikke ferdigstilt. Den teoretiske produksjonsplanleggingen er dermed hentet fra et utkast av revisjonen samt to separate presentasjoner om temaet.

6.2.1 Teoretisk produksjonsplanlegging i HENT

I det HENT har fått tildelt et prosjekt er planlegging den første fasen produksjonsavdelingen går inn i. Etter at produksjonsdirektøren har utpekt prosjektsjefen, bemannet prosjektet og oppstartsmøtet er gjennomført blir planene for prosjektet produsert gjennom forskjellige møter. Avhengig av type prosjekt er det normalt at dokumentleveranseplan, innkjøpsplan, fremdriftsplan, prosjekteringsplan og jobbmappe (budsjett) er på plass mellom 6-12 uker inn i prosjektet. For utarbeidelse av de forskjellige planene har HENT ulike informative dokumenter, altså maler, for de forskjellige planene som de benytter. Prosjektleder er ansvarlig for prosjektet. I utarbeidelsen av de ovennevnte planene er de styrende dokumentene kontrakter og grunnlagsdokumenter fra byggherre.

Når de planleggende dokumentene har blitt produsert og er på plass går prosjektet over i koordinerings/driftsfasen. I denne fasen er innkjøpsplan, fremdriftsplanene, prosjekteringsplan, økonomievaluering, kontrakter (byggherre og underentreprenører), HMS-plan og kontrollplan de styrende dokumentene. Ved hjelp av de ovennevnte dokumentene koordineres underentreprenørene, innkjøp, prosjektering og egenproduksjon gjennom månedlig økonomievaluering og møter i tillegg til ukentlige fastmøter (byggemøter, driftsmøter, BAS-møter, prosjekteringsmøter og byggherremøter).

HENT er inneforstått med at *god planlegging hever kvaliteten*. De benytter seg av sitt eget system av Trimmet Bygging, som de mener gir en økt forståelse, eierskap og fokus på grensesnittproblematikk enn hva tradisjonell planlegging gir. Men dette forutsetter god kommunikasjon i alle ledd i produksjonen. De planlegger blant annet for å oppdage forsinkelser tidlig, opprettholde best mulig produktivitet i gjennomføringsfasen og lignende. Fra tidligere masteroppgaver kommer det frem at forsinkelser i HENT kommer av:

- Sen prosjektering
- Dårlig oppfølging av fremdrift
- Sen fremdriftsplanlegging
- For sen bestilling av ressurser
- Vanskelig å skaffe ressurser

Fremdriftsplanen skal fungere som prosjektoppfølgings- og prosjektstyringsverktøy. Den består minst av aktiviteter, sammenheng mellom dem, varighet samt start og sluttdato til prosjektet. Planen skal videre vise hvem som bygger hva, hvor og når. Dette innebærer (A. Larsen & Unhjem, 2013):

- å angi prosjektets viktigste milepæler, inklusive prosjektstart og -slutt
- å vise hvordan prosjektet er planlagt gjennomført
- å planlegge angrepspunkter og gjennomføring
- å kommunisere hvordan de tenker rekkefølgen og varigheten på aktivitetene skal være
- å danne et grunnlag for bemanningsplanlegging
- å gi en felles omforent plan som gir grunnlag for koordinering av UE/egen produksjon
- å planlegge Rent Tørt Bygg soner (tid/sted)
- å vise fremdriftsfronten og hvordan prosjektet ligger an
- å danne grunnlag for oppfølging på S-kurver

Avhengig av prosjektets omfang, fase og detaljgrad har HENT i hovedsak tre typer fremdriftsplaner (*Standard administrative bestemmelser i HENT*, 2012):

Hovedplan - er en grov plan med oversikt over viktige milepæler. Det er en plan som beskriver mer enn selve byggeprosessen i gjennomføringen av et prosjekt. Avhengig av kontraktsform kan denne planen inneholde aktiviteter før og etter selve byggingen. Denne blir typisk utarbeidet i sammenheng med produksjonen av et tilbud.

Styringsplan - er en detaljert timeverksatt fremdriftsplan. Den har fokus på byggeprosessen med rammer fra hovedplanen og brukes som rapportering til byggherren. Planen brukes også som en kontraktsplan for leverandører og underentreprenører. Den skal vise alle aktiviteter, milepæler og trimmet bygg møter. Videre skal det settes av nødvendig tid og ressurser til å koordinere aktivitetenes i felles forum samt for den enkelte til å planlegge sin jobb. Det er derfor viktig at det i første møte blir en enighet om dato for når en omforent styringsplan skal foreligge og når de nødvendige felles møtene for koordineringen skal finne sted.

Selve planen inndeles i oversiktlige kontrollområder. En god fremgangsmåte for dette vil være å ta for seg et typisk område og sette opp et rekkefølgedokument. Rekkefølgedokumentet beskriver i hvilken rekkefølge arbeidet bør utføres. Deretter planlegges området i en tidsplan. Det er en fordel å starte med et typisk og enkelt område. Alle atypiske områder må identifiseres og planlegges hver for seg. Dette kommer av at rekkefølgen på aktivitetene vil kunne avvike fra et typisk område, og dermed skape helt andre problemstillinger som må løses.

Produksjonsplan - er den mest detaljerte fremdriftsplanen. Den involverer de utførende (basene) innenfor det tidsvinduet som de overordnede planene gir. Det er en korttidsplan, en såkalt Last Planner. Planen presenteres vanligvis via enkle verktøy som for eksempel Excel eller fargekoder på byggetegninger. I denne planen skal SJA og RJA legges inn og den skal brukes i basmøter og lagmøter. Planen kan inneholde flere nivåer avhengig av behovet. Dermed kan det også komme frem ukeplaner og tiltaksplaner.

For kontroll og oppfølging av de forskjellige fremdriftsplanene avholder HENT fremdriftsmøter. De skal ha høy prioritet hos deltakerne hvor de skal være godt forberedt og ha fokus på fremdrift, avvik og korrigerende tiltak. Partene som er involvert i disse møtene må derfor i forkant skaffe seg god oversikt over status på egne aktiviteter slik at de kan presentere status for eget arbeid. I fremdriftsmøtene skal det gjennomgås aktiviteter på ett 4 ukers tidsvindu fra hver avsnittsplan. Her skal hovedfokuset ligge på aktuelle problemområder. Dette kan være aktiviteter med mye integrasjon og avhengighet mellom entreprenørene. Eventuelle konflikter som kan komme fra dette må løses mellom de aktørene det gjelder.

6.2.2 Produksjonsplanlegging i praksis

Informasjon om den praktiske produksjonsplanleggingen i HENT kom frem gjennom fem intervjuer med anleggs- og prosjektledere. Intervjuobjektene har dekket hele spekteret av personell i bedriften. Hvor det ene ytterpunktet er den gammeltdagse som ikke følger de retningslinjene som er gitt og planlegger «kun» etter erfaring, mens det andre ytterpunktet er de nytenkende som følger retningslinjene til punkt og prikke med å blande erfaring med data. Førre for intervjuene har vært intervjuguiden som er å finne i vedlegg 1.

6.2.2.1 Planleggingsnivåer

Som nevnt i den teoretiske planlegging har HENT tre hovednivåer for planlegging av prosjekter:

1. Hovedplan - en grov plan som legges til rette for kontraktinngåelse
2. Styringsplan - en mer detaljert plan som styrer prosjektet og som det rapporteres på
3. Produksjonsplan - involverer basene fra alle fag og kan spesifiseres ytterligere til ukeplaner

Ansaret for utarbeidelsen av fremdriftsplanene varierer fra hvilke planer som det inngås. For eksempel kan ansaret for utarbeidelsen av styringsplanen ligge på Prosjektingeniør (PI) i et prosjekt, mens på anleggsleder i et annet. Produksjonsplanen blir som regel utarbeidet av anleggsleder, mens spesifiseringen av planene ofte er en samhandling mellom anleggsleder, arbeidsleder og basene. Prosjektlederen har det overordnede ansaret for planene.

6.2.2.2 Den praktiske planleggingsprosessen

I dag bruker HENT en aktivitetsbasert planleggingsmetode hvor bygget deles inn etter kontrollområder for å forklare hvor aktivitetene finner sted. Eksempler på dette er grunnarbeider, råbygg, tettbygg og fysiske områder inne i bygget (etasjer eller soner).

Den praktiske gjennomføringen starter ved den overordnede hovedplanen som ligger til grunn for kontrakten. Den inneholder et mindre antall poster med hovedaktiviteter samt start og slutt dato. Som regel blir denne utviklet i en samhandling mellom tilbudsleder og prosjektsjef. Etter at anbudet er vunnet starter planleggingen av styringsplanen på bakgrunn av kalkylen. Denne planen er detaljert med et fornuftig antall aktiviteter. Hvor mange aktiviteter som skal inngå i den er en balanse. I styringsplanen er kommunikasjonen mellom de forskjellige partene sentral. Et eksempel kan være betongarbeider. Det kan fra styringsplanen ligge et antall timeverk i grunnen slik at man et antall dager til disposisjon. Ved å høre med betongarbeiderne om de klarer å innfri innenfor de gitte tidsrammene kan det kartlegges hvor holdbar planen er. Forteller betongarbeiderne at de kan levere ett lavere eller høyere timeverk kan dette tas i betraktning og sammenlignet med erfaringstall, men ikke nødvendigvis bli vist til byggherre. Her kan de skaffe seg en buffer.

Intervjuobjektene mener at en kombinasjon av de to forslagene til planleggingsprosessen fra teorien er det som passer best inn i den praktiske prosessen i HENT.

1. Bli kjent med prosjektet
2. Identifisere aktivitetene
3. Bestemme varigheten til aktiviteten
4. Fastsette aktivitetenes rekkefølge
5. Gjennomgang og analyse av planen
6. Kontinuerlig oppdatering
7. Kontroll og overvåking

6.2.2.3 Styringsplanen

Styringsplanen er en levende plan som det blir gjort endringer i kontinuerlig. Dette bidrar til at det ligger mange timer bak produksjonen av den. Produksjonen starter så snart som kontrakten er inngått. Planen styrer produksjonen overordnet og bør være ferdig så raskt som mulig. Jo raskere man får opp planen jo bedre.

Til tross for dette er den som regel kun ferdig frem til «Tett bygg» før selve produksjonen (grunnarbeider) har startet, men dette kan variere fra prosjekt til prosjekt. Den blir så videre utviklet mens produksjonen pågår. Styringsplanen brukes blant annet for å inngå kontrakter med UE.

6.2.2.4 Produksjonsplanen

Anleggsledere bryter ned styringsplanen til produksjonsplan, jo mer detaljert planen blir jo viktigere er det med eierskap nedover i organisasjonen. I ukeplan nivået får basene bestemme innenfor de gitte rammene i planen.

Produksjonsplanen styres av fremdriftsmøter, driftsmøter og basemøter. Dette danner grunnlaget for å koordinere hele produksjonen. Møtene skjer ukentlige. De kan planlegge flere uker frem i tid. Det er basene som styrer fremdriften når man driver med trimmet bygging. Dette slår først til ordentlig under innvendige arbeider. Da blir ukeplaner for fremdrift innenfor de enkelte kontrollområdene mer utbredt. Planene blir hengt opp slik at alle kan se dem. Det kan gjerne holdes daglige basemøter der man går gjennom hva som skal bli gjort for dagen.

Produksjonsplanen blir illustrert med enten fargestreker i Excel, Safran eller tegninger. Det må være slik at de som skal produsere skal forstå planen. For administrasjonen må planen være detaljert, mens de som produserer må få det forklart enkelt slik at de vet hva de skal gjøre. Administrasjonen vil sitte på flere detaljer for å kunne evaluere hvordan inntjeningen går.

6.2.2.5 Samarbeid mellom planlegger og KI

Planleggeren samarbeider med Kalkulasjon og innkjøp (KI) via «Jobbmappa» som utarbeides av KI. Den deles inn i to deler hvor den første er selve tilbudet som er gitt, mens den andre delen skal være ferdig til produksjonen starter. Den skal inneholde alle innkjøp, både gode og dårlige. Som igjen avgjør hvordan dekningsbidraget til prosjektet forløper. Når det er blitt enighet om timeverk og innkjøp, tar produksjon over og jobbmappa blir budsjettert til produksjon. Samarbeidet er oppsummerende knyttet til budsjett, timeverk, innkjøp av UE og tidsbruken UE får til disposisjon.

6.2.2.6 Samarbeid mellom planlegger og UE

Er fremdriftsplanen klar når UE skal hentes inn, kan den til en viss grad styre tiden UE har for å utføre arbeidet sitt. Men er den ikke klar så er det en større prosess med å omforenes om planen innenfor tidsrammer.

Planleggeren får inn timeverk fra UE som blir evaluert og tatt med i fremdriftsplanen. Fremdriftsmøter blir avholdt mellom planleggeren og UE slik at de blir omforent om fremdriften. Fremdriftsplanen er ikke noe HENT trer over hodet på UE, men en enighet dem imellom.

Grensesnittene mellom fagene i produksjonen skal ikke styres fra administrasjonen. Fagene skal kunne styre og løse problemene selv. Hvis rørleggeren har bruk for elektrikerens, skal det ikke være nødvendig at det må gå gjennom administrasjonen.

6.2.2.7 Planlegging av ressursbruk

Ressursbruken bestemmes i hovedsak ut fra de timene som er satt av til aktiviteten og når de har løst at aktiviteten skal være ferdig. Dette bestemmes av kapasiteten til arbeiderne, årstid, kompleksitet, timeverk og byggetid. På bakgrunn av dette er det en enighet om at kalkylen/budsjettet er styrende. Under oppfølgingen av arbeidet kan ressursbruken justeres etter utviklingen på byggeplassen. Går det dårlig må man kanskje sette inn flere ressurser for å opprettholde den tenkte fremdriften.

På samme måte som for ressursbruken er budsjettet til dels styrende for timeverk. Men basene blir i tillegg utfordret på om de kan utføre aktiviteten raskere, det samme gjelder for underentreprenørene. Slike avgjørelser må i midlertidig diskuteres.

Under produksjonen er timeverksoppfølging hver 14 dag et minimum. Man sammenligner de timeverkene som har gått med opp mot produsert mengder. Dette er det stort fokus på. Slik kan man se om hva som er tjente timer med å sette de opp mot de kalkulerte timeverkene.

6.2.2.8 Milepæler

Milepælene blir som regel satt uavhengig av timeverkene. Det er varierende hva byggherre ser for seg. Men de blir ofte styrt av enten timeverkene eller føringer fra byggherren. Milepælene som blir satt kan være dagmulksbelagt.

6.2.2.9 Kontroll og overvåking

Planleggeren utfører kontroll og overvåking av planen i den forstand at de får inn planlagte timeverk fra UE som settes opp mot brukte timeverk under produksjonen. På den måten har HENT mulighet for å kontrollere arbeidet til UE. UE setter ikke timeverk ukritisk, så kontroll er viktig. Det drives også med timeverksoppfølging av egne arbeidere, slik at man får sett hvordan de ligger an i forhold til budsjettet og ikke minst fremdriften.

6.3 BIM i HENT

HENT ser et betydelig potensiale for gevinst for byggherre, brukere, entreprenør, prosjekteringsgruppen og produksjon ved å bruke digitale modeller (lukket-fag-BIM og åpen-team-BIM) aktivt i prosjekteringsarbeidet og i produksjon. Bruken av BIM/åpenBIM er likevel per dags dato ikke så avansert, men en bred begynnelse er noe de helt bevist har gått inn for. Dette gjøres for å gi flere i bedriften erfaring med BIM/åpenBIM slik at det kanskje skaper et utviklingspress til å videreutvikle bruken (Christensen, 2012).

De har gjennomført og anvendt BIM/åpenBIM på mer enn 50 prosjekter i produksjon og på et tresifret antall tilbudsprosjekter, med et samlet areal på over 450 000 m^2 . Hvor prosjektene spenner seg over bygningstyper som skoler, kontorer, kjøpesentra til butikker og lagerlokaler både innenfor nybygg og rehabilitering. Entrepriseformene har vært tradisjonelle totalentrepriser, hovedentrepriser, samspillsentrepriser og kombinasjonsentrepriser som totalentreprise med samspill.

Primært er det innenfor de 3 følgende områdene som HENT har benyttet BIM og åpenBIM:

1. **Tilbudsmodellering i anbudskonkurranser** - for å sikre god prosjektforståelse internt, kontrollere mengder for kalkulasjon, evaluerer løsningskvalitet, lage visualiseringer i tilbudsdokumenter
2. **Aktiv modellbruk i prosjektering** - for å bedre byggherrens prosjektleveranseforståelse, sikre god tverrfaglig kvalitet i prosjekteringsarbeidet, fremskaffe mengder for kalkulasjon, sikre byggbare løsninger og planlegge Trimme Bygging produksjon
3. **Aktiv modellbruk i produksjon** - for å øke produksjonsmedarbeideres forståelse av produksjonsutfordringer, planlegge produksjon, kommunisere problemområder visuelt, fremskaffe mengder for å lage logistikk pakker, fremdriftssimulering (4D), konstnadssimulering (5D) og fremdriftsrapportering

HENT anser det som at de er i «steinalderen» når det gjelder bruken av BIM/åpenBIM og at de, sammen med samarbeidspartnerne, må se mulighetene som BIM/åpenBIM byr på. På denne måten vil de få ut gevinstene og skape totalverdi basert på bruken av modeller (Christensen, 2012).

Kapittel 7

Case

7.1 Beskrivelse av casestudie

I dag er Trondheim Økonomiske Høgskole (TØH) den nest største av de mer enn 20 statlige økonomiske/administrative utdanningene i Norge målt i antall studenter. I sammenheng med dette ble det i 2011 besluttet av Høgskolestyret at TØH skulle flytte fra sine lokaler på Moholt til et nybygg på tomten i Elgesetergate 55-57, se Figur 7.1.



Figur 7.1: Trondheim Økonomiske Høgskole (*HENT AS*, 2012)

Prosjektet gjennomføres som en totalentreprise og oppføres etter TEK 10. Byggherre for oppdraget er REN Elgeseter AS som har røtter i REMA Eiendom AS. Bygget vil også gi plass til den tidligere REMA 1000 butikken som var oppført på tomten. Bygget gir TØH en mer sentral adresse og tilknytning til universitetsområdet.

Skolen er dimensjonert for 1200 studenter og 65 ansatte, men tar også hensyn til en ønskelig og forventet økning. Grunnflaten er på omlag 2550 m² og bygget strekker seg 5 etasjer over bakkeplan, i tillegg bygges det 2 underetasjer. REMA 1000 butikken etableres i første etasje med en grunnflate på 1200 m². Det totale omfanget for byggeprosjektet kommer på omtrent 18 000 m².

7.1.1 Modellgrunnlag

Fra dag en var det klart at prosjektet skulle gjennomføres ved bruken av BIM. Noe som allerede kom frem i funksjonsbeskrivelsen, som representerer det HENT skal/må etterlevere. Dette innebar at både arkitekt og rådgivende-fag også måtte benytte seg av BIM som hjelpemiddel under prosjektet. Som totalentreprenør for prosjektet ga HENT føringer for BIM-rutiner, navngiving eller koding, arbeidsmetodikk, etc. gjennom sin egenutviklede håndbok for det de kaller «Trimmet digital Bygging».

BIM-grunnlaget er med dette per dags dato veldig godt. Hvor arkitekt og alle rådgivende fag (RIB, RIV, RIR, RIE, etc.) produserer åpneBIM-modeller. Modellene blir så satt sammen til en felles hovedmodell av en BIM-koordinator fra HENT, se Figur 7.2. For at dette skal fungere optimalt benyttes HENT «BIM-håndboken» som gir nødvendige føringer til de rådgivende fagene. I håndboken er det bestemt at hver fagdisiplin skal laste opp tegninger (etter avtale), modellfiler (lukket og åpenBIM) og oppdatere tegning- og dokumentliste hver fredag. På denne måten kan BIM-koordinatoren på mandager sette sammen en felles hovedmodell og gjennomføre sine kontroller. Hovedmodellen er dermed oppdatert til en hver tid (*HÅNDBOK - Trimmet digital Bygging*, 2012).



Figur 7.2: Felles hovedmodell

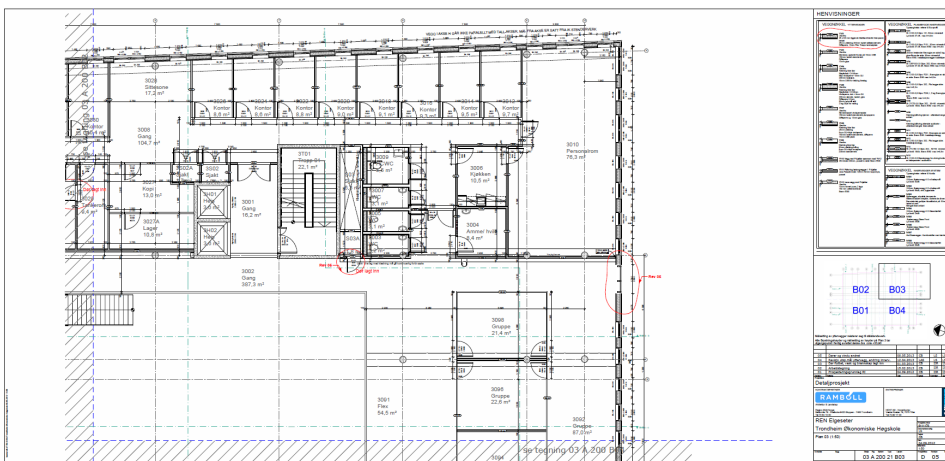
Hittil i prosjektet er åpenBIM, i form av hovedmodellen, kun benyttet for kollisjonskontroll og koordinasjon av rådgivende fag. Dette utføres av BIM-koordinator,

mens undertegnede har utført ett fåtalls mengdeuttak. BIM-modellene i casestudie er ikke lagt til rette for implementering av 4D-planlegging.

7.1.2 Eksisterende planlegging

Nevnt innledende er det totale omfanget av byggeprosjektet omtrent 18 000 m^2 fordelt over 7 plan. En oversikt over hvordan planleggerne har delt inn bygget i soner og etapper fremkommer ved å studere plantegningene samt den eksisterende produksjonsplanen.

På bakgrunn av masteroppgavens tidsbegrensninger samt ønske fra veileder ble det bestemt at planleggingen i casestudie blir avgrenset til å betrakte produksjonsplanen for 3. etasje. Planleggingen begrenser seg videre til tømmerfaget og deler av elektro og vvs. Produksjonsplanen for 3. etasje er nylig utarbeidet og står sterkt i fokus fordi den skal tas i bruk i slutten av masteroppgave perioden. Figur 7.3 viser en av fire plantegninger levert av ARK for 3. etasje.



Figur 7.3: Felles hovedmodell

Beskrivelse av gjennomføringen av casestudie samt ytterligere avgrensinger av planen er gitt i kapittel 8. Grunnlaget for casestudie dannes av BIM-modellen sammen med plantegninger og den originale produksjonsplanen.

Kapittel 8

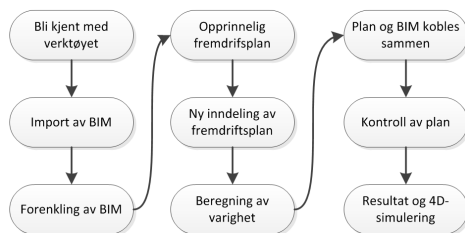
Bruk av 4D i casestudie

Dette kapitlet beskriver arbeidet som er utført ved bruken av 4D i casestudie, beskrevet i kapittel 7. Casestudiet skal ikke bare presentere et resultat, men også teste kompatibiliteten til 4D-planleggingen mot bedriftens planleggingsmetoder og programvarer. Videre skal gjennomføringen bidra til utarbeidelse av en forenklet IDM for generell fremdriftsplanlegging. Det er derfor lagt vekt på å dokumentere det utførte arbeidet underveis. Det benyttede 4D-verktøyet er etter veilederens ønske Synchro Professional.

8.1 Fremgangsmåte

Synchro Professional er et planleggingsverktøy som gjør det mulig å koble aktivitetene i planen sammen med objekter hentet fra flere BIM-modeller. Det bør nevnes at undertegnede ikke har mottatt opplæring i bruken av verktøyet og har kun benyttet det i et begrenset tidsrom. Dermed er det fullt mulig at det er en bedre fremgangsmåte for bruken av verktøyet enn den som er presentert.

I denne oppgaven er fremgangsmåten, illustrert i Figur 8.1, valgt på bakgrunn av casestudiets problemstilling og 4D-prosessen beskrevet i delkapittel 3.4 samt undertegnede erfaring av Synchro Professional.



Figur 8.1: Fremgangsmåte for bruk av 4D i casestudie

Alle figurer presentert i dette delkapittelet er egne skjermbilder fra arbeidet med Synchro.

8.1.1 Bli kjent med verktøyet

På grunn av tidsbegrensninger, avstand og ingen kjennskap til brukere av Synchro var det ikke mulig å få gjennomført opplæring av verktøyet. Det er derfor blitt gjennomført en prosess for å bli kjent med verktøyet hvor veiledninger og treningsfiler gitt av Synchro ble benyttet. Veiledningene er følgelig kort beskrevet.

8.1.1.1 (L1) - Open Viewer Training

Den første av veiledningene, (L1) - Open Viewer Training, presenterer og forklarer bruken av Synchro Open Viewer. Dette verktøyet kan benyttes for å åpne og presentere Synchro-modellene som har blitt utviklet i Synchro Professional. Open Viewer ble ikke benyttet i gjennomføringene av casestudiet.

8.1.1.2 (L2) - Synchro Scheduling Training

Som den første veiledningen for Synchro Professional skal denne lære brukeren til å behandle og produserer fremdriftsplanen gjennom å utføre ulike oppgaver ved bruk av Gantt-diagram. Først blir det gitt en oversikt over arbeidsområdet til verktøyet. Der det blir gitt en innføring i utformingen til programmet. Videre blir det gitt en introduksjon av mulighetene til fremdriftsplanleggingen i programmet. Følgelig blir det gått gjennom; definering av prosjektet og arbeidskalendere, opprettelse av planen, koblinger mellom aktiviteter, aktivitet-modifikasjoner, -koder, -ressurser, -kostnader og opprinnelig plan. På denne måten gir veiledningen brukeren grunnleggende fremgangsmåte for produksjonen av selve fremdriftsplanen og forståelse av programmet.

8.1.1.3 (L3) - Basic Training

Den andre veiledningen tar for seg den grunnleggende bruken av BIM-modellene i programmet og import av modeller og fremdriftsplaner. Veiledningen er oppgavebasert og benytter ferdigproduserte treningsfiler som skal lære brukeren det mest grunnleggende av sammenkobling mellom fremdriftsplan og BIM-modellen. De ferdigproduserte 3D-objektene og fremdriftsplanen er lagt spesielt til rette for en effektiv læringsprosess.

8.1.1.4 (L4) - Advanced Training

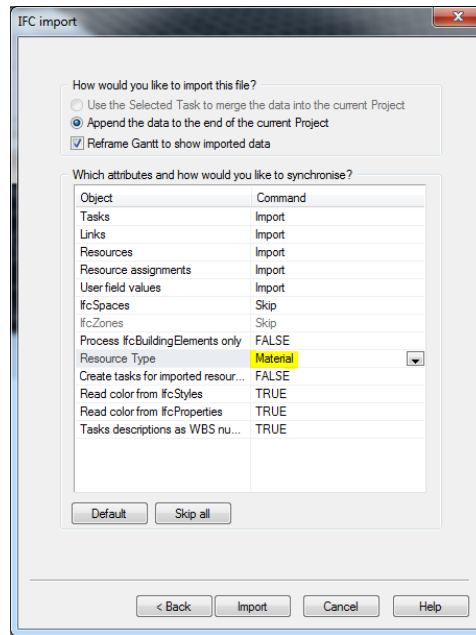
Den tredje og siste av veiledningene tar for seg en mer avansert bruk av programmet. Dette innebærer avansert bruk av 3D- og ressursfilter, automatisk aktivitets-tildeling og ulike visualiserings muligheter. Veiledningen utfordrer brukeren til å få en dypere forståelse av de ulike funksjonene som finnes i verktøyet.

8.1.2 Import av BIM-modellene

Etter å ha dannet en viss kjennskap til Synchro Professional som 4D-verktøy og med begrenset planleggingserfaring ble det valgt å starte med import av BIM-modellene. Tanken bak dette var å skape en dypere kjennskap til modellene som 3D-objekter og ressurser, noe som kanskje kunne bidra til bedre planlegging.

Det er ikke mulig å importere den samlede BIM-modellen produsert av BIM-teknikeren i Solibri Modell Checker. Dette kommer av at Synchro ikke støtter den spesifikke filtypen (.smc). Dermed blir hver enkel BIM-modell produsert av de involverte fagene (ARK, RIV og RIE) importert separat. Disse modellene ligger, på lik linje med den samlede BIM-modellen, lett tilgjengelig på prosjektets web-hotell og er av det åpne filformatet IFC. Siden de ikke har gått gjennom lik prosess som hovedfilene, er de store og tunge.

Selve importen av filtypen IFC er lite beskrevet i veiledningene og «Hjelp»-menyen til Synchro. Erfaring fra gjennomgang av veiledningene og testing av import av IFC-modeller pekte til betydningen til valg av «Resource Type» før import, se Figur 8.2. Hvis ressurstypen «Material» ikke velges når det importeres materialer



Figur 8.2: Import av IFC

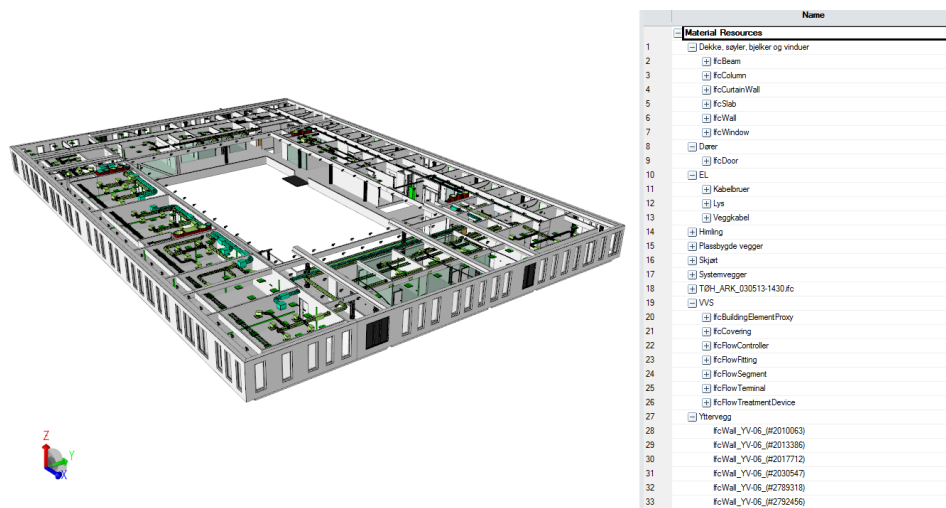
må enten filene importeres på nytt eller så må ressursene manuelt flyttes over fra «Equipment» til materialer. Ved å gjøre det manuelt splittes ressursinformasjonen som er koblet til de representative 3D-objektene. Dette er ikke ønskelig fordi denne

informasjonen er med på å definere 3D-objektet.

Hvilken ressurstype som det skal velges avhenger av hva man importerer. Oppsummerende så produserer Synchro ved import av IFC-modeller 3D-objekter som er koblet til sine representative ressurser. Det er disse ressursene som inneholder informasjonen om 3D-objektene i form av «User Fields».

8.1.3 Forenkling av BIM-modellen

De relevante BIM-modellenes størrelse og detaljgrad, i forhold til avgrensningen av casestudie til 3.etasje og enkelte fag, legger til rette for å forenkle de importerte BIM-modellene. Dette gjøres ved å fjerne de unødvendige 3D-objektene og deres tilhørende ressurser. Forenklingen vil gjøre modellene bedre å håndtere og ikke ha like mange parametere som må betraktes. Videre blir de ønskede ressursene flyttet og delt inn i mapper for å skaffe bedre oversikt av dem, se Figur 8.3. På denne måten kan det bli enklere å knytte ressursene til aktivitetene i fremdriftsplanen samt navigere i 3D-modellen.



Figur 8.3: Inndelte ressurser

Denne prosessen er tidskrevende på grunn av at det i enkelte tilfeller kun kan bli flyttet en og en ressur til sin nye mappe. Dette gjelder flyttingen av enslige ressurser, men ikke dersom det er snakk om en mappe som inneholder flere ressurser. Som et eksempel er det spesielt vanskelig å filtrere ut ventilasjons-ressursene siden disse har samme betegnelse som varme og sanitær ¹. Under forenklingen av

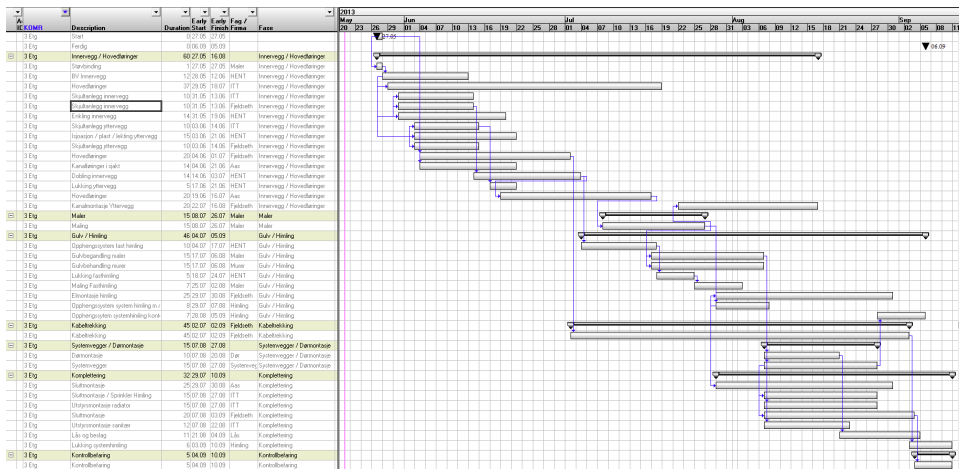
¹Litt ut i prosessen ble det benyttet filtrering etter «User Fields» noe som gjorde at arbeidet med filtrering av unødvendige objekter gikk raskere.

BIM-modellene stoppet verktøyet flere ganger å fungere, noe som enkelte ganger førte til at hele prosessen for det aktuelle faget måtte startes på nytt.

8.1.4 Opprinnelig fremdriftsplan

Dette casestudie tar, som nevnt tidligere, utgangspunkt i Produksjonsplanen av 3.etasje for prosjektet. Den har blitt utarbeidet i HENT AS sitt nyinnførte planleggingsverktøy Safran Project. Dette verktøyet åpner for flere muligheter innenfor opprettelse og kontroll av fremdriftsplanen samt sortering av planen etter ulike parametere. Men nyvinningen har ikke vært like vellykket på grunn av at UE ofte benytter andre planleggingsverktøy, som for eksempel Microsoft Project. Dette skaper enkelte kompatibilitetsproblemer hvis HENT skal innføre UE-enes planer i den overordnede produksjonsplanen.

Disse kompatibilitetsproblemene er også til stede når produksjonsplanen skal importeres fra Safran Planner til Synchro Professional. For at dette skal være mulig må først planen eksporteres fra Safran til .XML-format ² før den kan importeres til Synchro Professional. Under denne prosessen blir strukturen av produksjonsplanen skadd noe som resulterer i en uoversiktlig plan uten koblinger. Den opprinnelige produksjonsplanen ble derfor valgt å flytte manuelt over til Synchro Professional. Figur 8.4 viser den opprinnelige produksjonsplanen i Safran Planner for 3.etasje.



Figur 8.4: Opprinnelig fremdriftsplan

Produksjonsplanen kan betraktes som overordnet for de ulike aktivitetene som skal gjennomføres. For eksempel så forteller den lite om hvordan koordineringen av de ulike aktivitetene skal gjennomføres sett bort fra at den forteller start og sluttdato samt koblingen mellom forgående og etterliggende aktivitet. Det blir ikke

²Microsoft Project kompatibelt format

poengtert hvor angrepspunktet er for innervegger, noe som vil komme frem under en 4D gjennomføring av planen.

8.1.5 Ny inndeling av fremdriftsplan

Med utgangspunkt i den opprinnelige fremdriftsplanen blir det produsert en ny fremdriftsplan for å kunne knytte ressursene og 3D-objektene til aktivitetene på en bedre og mer detaljert måte. Dette gjøres for å lettere oppnå den ønskede visuelle effekten av 4D-simuleringen.

Videre blir det gjennomført en forenkling av den opprinnelige planen og detaljgraden til modellen. Istedenfor at etasjen skal inneholde flere forskjellige typer plassbygde vegger, himlinger, himlingskjørt, ventilasjonskanaler etc. så planlegges det med en type av hvert element. Samtidig starter planen med at bjelkene og søylene er plassert, betongavrettingen er gjennomført og skallet til ytterveggen er ferdigstilt (Bindeverk, vinduer og GU).

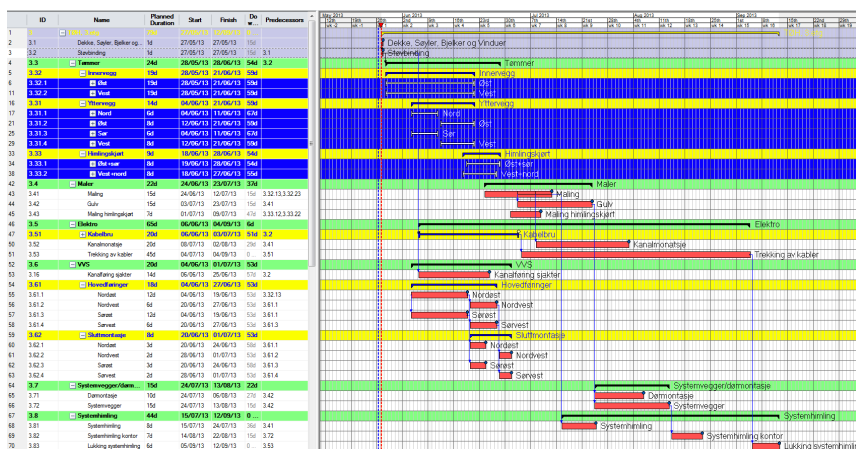
Følgende forenklinger er gjort på:

- *ytttervegg* - 200mm isolasjon, plastfolie, lekt, isolasjon, 2 x gips
- *innvendig vegg* - 100mm bindeverk, isolasjon, enkling og dobling
- *himlingskjørt* - bindeverk, enkling, dobling og gips hjørner
- *himling* - systemhimling varighet tatt fra opprinnelig plan
- *systemvegg* - varighet hentet fra opprinnelig plan
- *VVS* - tatt med ventilasjon inn- og utluft
- *Elektron* - tatt med kabelbruer, kanalmontering og kabeltrekking

I stedet for å benytte den inndelingen av aktiviteter som er i den ordinære fremdriftsplanen deles aktivitetene først inn i sine underliggende fag (tømmer, maler, elektro, vvs og system-vegger/himlinger) før de deles inn i de ovennevnte detaljene. Som nevnt innledende blir dette gjort for å skaffe en bedre oversikt av planen samt at det blir lettere å legge inn de ulike ressursene. Figur 8.5 viser den nye inndelingen av aktivitetene. Oppsummerende er følgende sett bort ifra under planlegging av den nye planen:

- Sanitær og varme arbeider.
- Skjulte anlegg inner- og ytttervegg for samtlige fag
- Gulvbehandling utført av murer
- El-montasje himling
- Lås og beslag

Vedlegg 3 viser den nye inndeling av planen i sin helhet.



Figur 8.5: Ny inndeling av fremdriftsplan

8.1.6 Beregning av varighet

For beregning av varigheten til aktivitetene i planen brukes timeverk og mengdeuttak av BIM-objektene. Timeverkene hentes fra prosjektets jobbmappe (budsjett), mens mengdeuttaket gjøres gjennom verktøyet Solibri Modell Checker. Det er mulig å ta ut mengder via Synchro til Excel, men på grunn av lite kjennskap til prosessen og Synchros evne til mengdeuttak av valgte 3D-objekter samt en bedre kjennskap til Solibri velges dette verktøyet. Mengdeuttaket av de ulike aktivitetene som er delt inn i soner utføres manuelt og er tidskrevende arbeid. Mengden til hvert enkelt objekt som er med i inndelingen eksporteres.

Mengdene og timeverkene blir samlet i et regneark i Microsoft Excel hvor beregningene av varigheten til de ulike aktivitetene blir utført, se Vedlegg 2. Selve beregningen har i hovedsak 3 parametere som må tas hensyn til. Det er mengdene for aktiviteten inndelt i soner, timeverk hentet fra jobbmappa og antall utførende arbeidere. Varigheten oppgis i dager.

Beregning av varigheten gjøres kun for aktivitetene som går under tømmerarbeider. Dette er på grunn av manglende timeverk fra de utvalgte EL, VVS og maler aktivitetene. Varigheten til disse aktivitetene tas fra den opprinnelige planen. Siden det er gjort forenklinger av planen antas det at disse varighetene kan være avvikende.

8.1.7 Plan og BIM kobles sammen

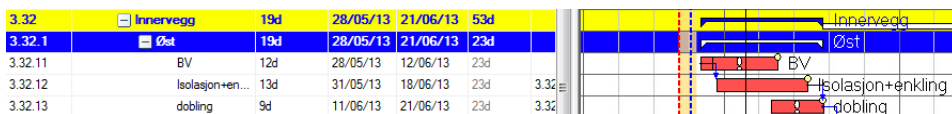
Som nevnt tidligere blir det automatisk opprettet en link mellom ressursene og 3D-objektene under importen av IFC-filene. Det er dermed kun nødvendig å opprette linken mellom aktivitetene og ressursene siden de vil bringe med seg 3D-objektene. På grunn av den inndelingen av aktiviteter og ressurser i fag og soner som er

gjennomført er det lett å linke dem sammen. Det er heller ingen problemer ved å linke sammen ressurser til flere aktiviteter. Et eksempel er de innvendige veggene. Disse er delt inn i bindeverk, isolasjon og gips. Siden BIM-modellene kun viser veggen som et element må ressursen som representerer vegg knyttes opp til de tre aktivitetene. Videre vil aktiviteten maling også benytte seg av den ressursen. Optimalt sett vil maling ha en egen ressurs med antall m^2 vegg, men dette er ikke gjennomført på grunn av manglende kunnskap og usikkert om det er mulig. Den praktiske linkingen av aktiviteter mot ressurser kan gjennomføres på flere måter hvor den enkleste måten gjennomføres ved å først merke aktiviteten for så å dra den valgte ressursen til aktiviteten.

8.1.8 Kontroll av fremdriftsplanen

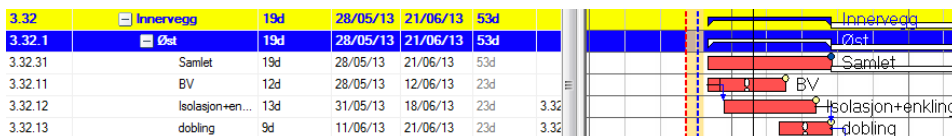
Kontroll av fremdriftsplanen utføres parallelt med planleggingen ved hjelp av 4D simulering. Etter å ha opprettet avhengigheter mellom en gruppe aktiviteter og de representative ressursene/3D-objektene var linket til dem ble kontrollen gjennomføre med å gjennomføre en 4D-simulering av de aktuelle aktivitetene.

Etterhvert som det ble opprettet flere koblinger og simuleringen ble mer avansert ble det oppdaget at oppdelingen av aktiviteter førte til problemer i simulering-flyten. Med dette menes det at under simuleringen av for eksempel innvendige vegger hopper den visuelle fremdriften frem og tilbake. Årsaken til dette var at alle ressursene/3D-objektene som var knyttet til innvendig vegg øst alle var lagt inn i de tre inndelingene, se Figur 8.6.



Figur 8.6: Opprinnelig deling av innvendig vegg

For å løse dette og få den ønskede visuelle effekten til 4D-simuleringen ble det opprettet en ressurs som kun inneholdt 3D-objektene for så å knytte den til aktiviteten «Samlet», se Figur 8.7, som har den totale varigheten til de tre aktivitetene.



Figur 8.7: Aktivitet «Samlet» for innvendig vegg

På denne måten kan ressursene være knyttet til de opprinnelige aktivitetene mens simulerings-flyten blir konstant.

8.1.9 Resultat av plan og 4D-simulering

Ved å beregne varigheten til «tømmer» aktivitetene basert på timeverk (hentet fra jobbmappa) og mengder fra ARK-modellen ble det påvist avvik i varighet fra den opprinnelige planen. Den mest markante forskjellen var aktiviteten «himlingskjørt» som er planlagt gjennomført på 15 dager, mens beregningene viser at det er mulig å gjennomføre den på bare 8 dager. Aktiviteten «dobling av innervegg» er beregnet til å vare i underkant av 9 dager, mens den er satt til 14 dager i den opprinnelige planen. «Lukking av yttervegg» er derimot planlagt til å vare i 5 dager, mens beregningene viser at den vil vare i underkant av 7 dager, se Vedlegg 2. Sammen med disse avvikene skapte de nye koblingene mellom aktivitetene under «tømmer» en drastisk endring i sluttdatoen for «innvendige vegger» og «himlingskjørt». Opprinnelig sluttdato for «himlingskjørt» var 24 juli, mens det i den nye planen er beregnet til 28 juni.

De ovennevnte avvikene av varigheten til aktivitetene kan i hovedsak komme av tre faktorer. Den ene er at det har blitt satt et ulikt antall arbeidere til å utføre aktivitetene som har ført til en forandring av produksjonshastigheten. Den andre faktoren er forenklingen av det utførte arbeidet som skal gjennomføres. Mens den tredje er at det kan foreligge ulike mengdeuttak. Mengdeuttaket som er hentet fra ARK-modellen er eksakte, mens de oppmålte mengdene som er benyttet i produksjonsplanen kan inneholde avvik.

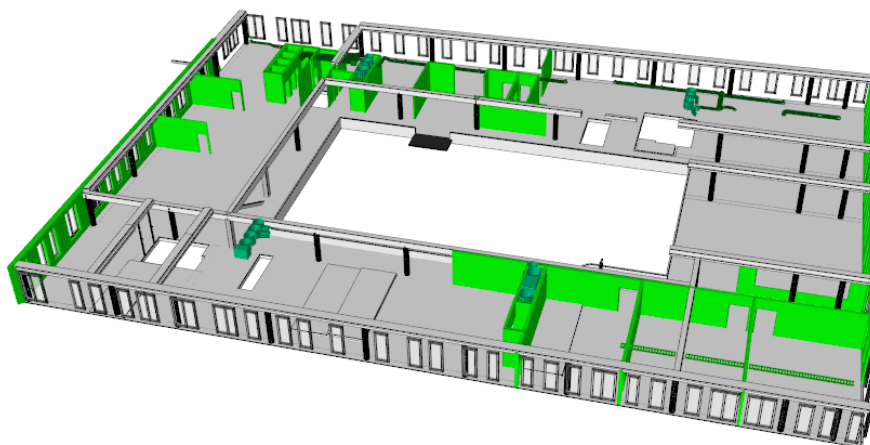
Videre kommer den drastiske endringen i sluttdatoen til «himlingskjørt» som en følge av forandring gjort i koblingen til den forgående aktiviteten «dobling innervegg». Opprinnelig starter «himlingskjørt» etter at «dobling innervegg» er fullført, mens den starter 3 dager før fullføringen av «dobling innervegg» i den nye planen. Samtidig er aktivitetene «skjulteanlegg» ikke tatt med i den nye planen. Disse holder tilbake «dobling innervegg» i den opprinnelige planen og påvirker sluttdatoen til den aktiviteten.

Forandring av sluttdatoene for «tømmer» skaper en bølgeeffekt nedover i planen. Det fører til at de utvalgte VVS-aktiviteten kan bli gjennomført tidligere enn planlagt, men den kritiske veien i planen går gjennom aktiviteten «trekking av kabler» utført av elektrikerer. Dermed oppnås det lite forandring av 3.etasjens sluttdato.

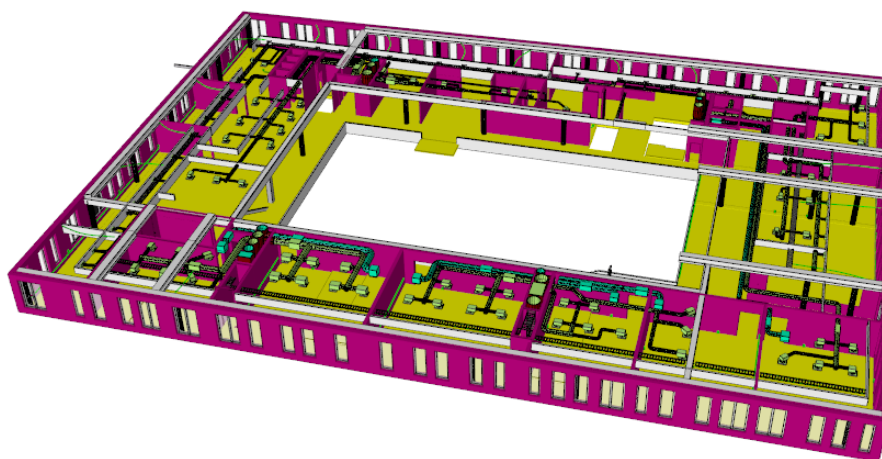
8.1.9.1 4D simulering

Etter å ha utført de innledende stegene som har ført til en komplett fremdriftsplan med koblinger til BIM-modellene kan 4D-simuleringen benyttes som et hjelpemiddel til videre planlegging og som et kommunikasjonsverktøy i produksjonsfasen. For eksempel kan UE samles for å gå gjennom og evaluere om planen er gjennomførbar innen de gitte tidsrammene. Figurene 8.8 og 8.9 viser planlagt utført

produksjon X antall uker etter oppstart. Objektene som er under produksjon er gitt ulike farger. Eksempelvis er oppføring av «innvendige vegger» og komplettering av «yttervegg» gitt lysegrønn farge, «maling» av vegger og himlingskjørt gitt fargen lilla og «behandling av gulv» gitt fargen gul.



Figur 8.8: Planlagt produksjon 2 uker etter oppstart



Figur 8.9: Planlagt produksjon 6 uker etter oppstart

8.2 Kommentarer til bruken av 4D-verktøyet

Under og etter prosessen med å bli kjent med verktøyet og selve arbeidsprosessen til 4D-simuleringen velges det å trekke frem enkelte elementer som påvirker bruken av verktøyet.

Det første som møter en ny bruker av verktøyet er overgangen fra de tilrette-lagte veiledningene til den reelle bruken av programmet. Tanken er spesielt rettet mot behandlingen av ressursene og deres kobling til 3D-objektene og aktivitetene. I veiledningene er prosessene lagt til rette for en effektiv bruk, mens i virkeligheten blir det et søk etter de aktuelle objektene og filtreringen av dem. I dette casestudie tok denne prosessen tid blant annet på grunn av verktøyets manglende evne til å flytte flere ressurser til en mappe. Videre var arbeidet med å fjerne de overflødige ressursene samt 3D-objektene noe som viste seg å være et møysommelig arbeid. Dette ble som nevnt effektivisert med User fields filtrering, men dette var noe som samtidig fikk programmet til å slutte å fungere med fjerning av X antall ressurser.

Beregningene av varigheten til de ulike aktivitetene er noe som må bli gjort manuelt eller ved bruken av regneark. Verktøyet har ikke mulighet til å beregne dette selv på grunn av de noe delte hovedgruppene; aktiviteter, ressurser og 3D-objekter. For eksempel kan de ulike ressursene ha ulike User fields, men disse informasjonskapslene kan ikke knyttes direkte opp til aktiviteten slik at man kan se hvor mange kvadratmeter vegg som må produseres innen en spesifikk dato. User field bruken gjør også at informasjonen ikke lenger ligger «i» 3D-objektene noe som virker å gå bort fra selve «BIM-prinsippet». Ideelt sett ville en bedre informasjonsflyt mellom de tre hovedgruppen vært ønskende. Spesielt med muligheten for å kunne påvirke varigheten til aktivitetene ved bruk av de aktuelle mengdene til 3D-objektene og timeverket til arbeiderne som er satt som ressurser på aktiviteten. Det virker ikke som at det er mulig under simuleringen å stoppe på et spesifikt punkt å ta ut de mengdene som trengs for å gjennomføre aktiviteten eller de mengdene som er brukt frem til datoen.

Under 4D-simuleringen er de såkalte «Use profile» en god indikator på hvilket arbeid som gjennomføres på de ulike objektene. De er justerbare til hvordan simuleringen skal utføres; om den går fra høyre til venstre eller omvendt. Men for at dette skal fungere på best mulig måte må de objektene som skal simuleres settes sammen til en enkel ressurs. Dermed mister man koblingen mellom 3D-objektene og ressursene som inneholder informasjonskapslene User fields. Aktiviteten kan ennå ha de foreliggende ressursene koblet til seg og den nye samlede ressursen, men dette gjør det til en tungvint prosess å for eksempel finne informasjon om hvilken vegg-type et enkelt 3D-objekt er.

Avsluttende virker det som verktøyet heller ikke har noe mulighet for å hente ut mengder for en spesifikke tidsperiode av fremdriftsplanen. Det har heller ingen måte å kontrollere om fagene kolliderer med hverandre på et område og ingen simulering av maling eller behandling av vegger. Med dette menes det at man ikke

har muligheten til å simulere at malingen av veggene blir lagt på uten at veggene forsvinner før de blir simulert for eksempel fra venstre til høyre.

Som en bruker av verktøyet er det noe sannsynlig at verktøyet innehar løsninger for noen, eller alle problemområdene som er nevnt.

Del IV

IDM

Kapittel 9

Forslag til IDM

En IDM er en prosess-standard som skal beskrive aktører, prosedyrer og krav til leveranse, og på denne måten danne en felles måte for informasjonsutveksling (jfr 3.5).

Dette kapittelet presenterer et forslag til en forenklet IDM for 4D-planlegging. Forslaget bygger videre på erfaringer dannet i casestudie (kapittel 8), ved å innføre elementer fra 4D-prosessene beskrevet i delkapittel 3.4. I tillegg innføres elementer knyttet til teoretisk og praktisk planlegging beskrevet i kapittel 4, 5 og 6.2. Mens utviklingen av IDM forslaget tar utgangspunkt i oppbyggingen av IDM beskrevet i delkapittel 3.5 og et diskusjonsdokument utarbeidet av Inpro Prosjektet (Tulke, Bonsma, Weise & Liebich, 2009). Diskusjonsdokumentet omhandler potensialet til 4D-planlegging og dets implementering med IFC. Forslaget som gis i dette kapittelet innehar de tre hovedkomponentene:

Prosesskart - er et kart som beskriver strømmen av aktiviteter innenfor grensene til det spesifikke emne 4D-planlegging.

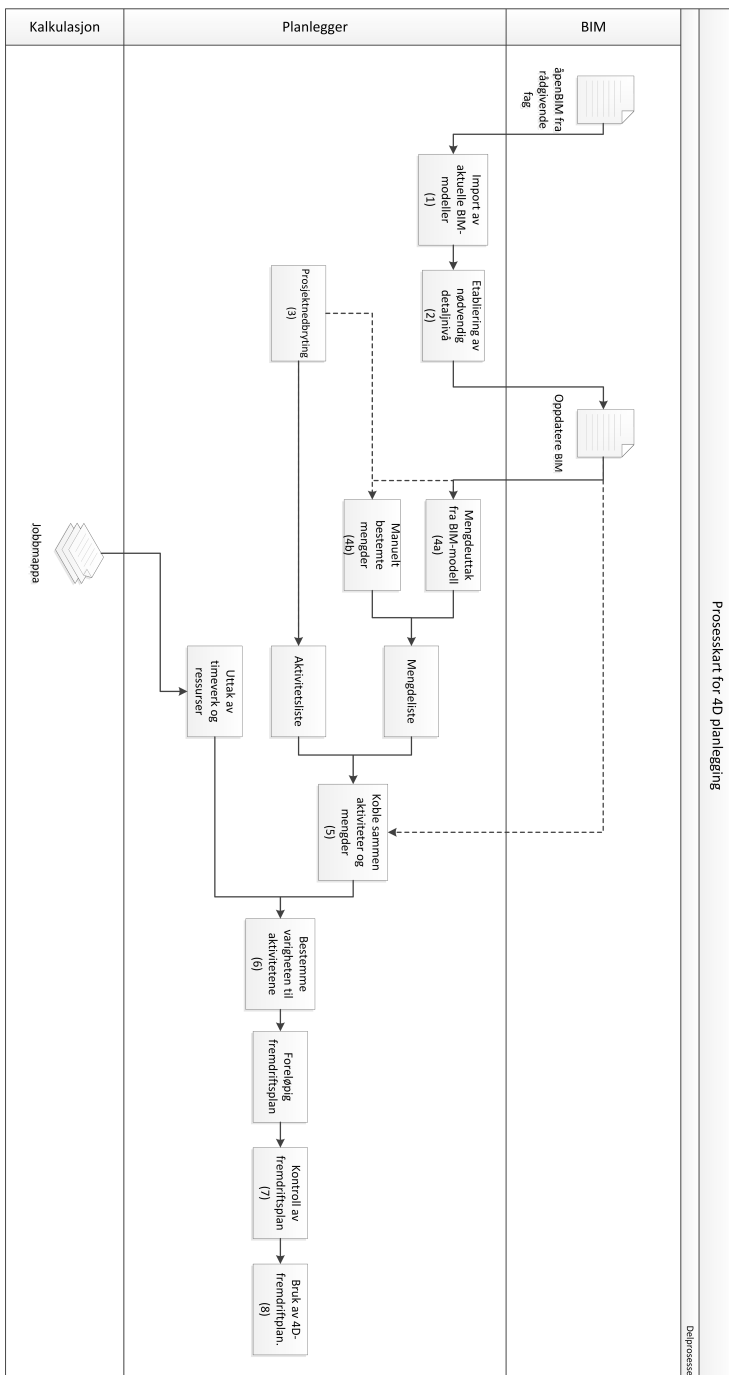
Utvekslingskrav - er en ikke-teknisk beskrivelse av den informasjonen som må utveksles for å støtte utførelsen av prosessene gitt i prosesskartet.

Funksjonelle deler - er en beskrivelse av en enhet av informasjon brukt av en aktør for å støtte utvekslingskravet. For eksempel så referer en funksjonell del i IFC til en enhet eller en attributt.

IDM forslaget er avgrenset til å omhandle en type fremdriftsplan, produksjonsplanen. Hvis forslaget skulle omhandle samtlige fremdriftsplaner for ulike stadier av et prosjekt vil flere av delprosessene i prosesskartet være iterative prosesser. For eksempel så kunne det være mulig å import/oppdatere BIM-modellene og dermed fremdriftsplanen hver uke frem til prosjekteringen er komplett.

9.1 Prosseskart for 4D-planlegging

Figur 9.1 viser kartet over prosessen for 4D-planlegging. Prosessen starter med utviklingen av BIM-modellen og avsluttes med en 4D-simulering. Prosseskartet er utviklet med detaljgraden til en produksjonsplan, men kan også benyttes for fremdriftsplaner med andre detaljgrader. Kartet viser hvem som har ansvaret for utviklingen av delprosessene og relasjonen mellom delprosessene. En beskrivelse av delprosessene i prosseskartet gis i delkapittel 9.1.1.



Figur 9.1: Prosesskart for 4D-planlegging

9.1.1 Beskrivelse av delprosesser

9.1.1.1 Delprosess 1

Den første delen av prosessen er å importere de aktuelle BIM-modellene for prosjektet. Hvem som produserer disse modellene vil variere med hvilket stadier prosjektet er inne i. I det utførte casestudie ble BIM-modellene produsert av de rådgivende fagene benyttet. Men skal 4D-planleggingen gjennomføres i prosjektets tidligfase eller at de rådgivende fagene kun har produsert 2D-tegninger kan modellen utvikles av bedriftens egne BIM-teknikker. Krav og regler for utvikling og overlevering av BIM-modellen fra de rådgivende fagene kommer frem i *HÅNDBOK - Trimmet digital Bygging* (2012).

9.1.1.2 Delprosess 2

Hvis det hender at de importerte modellene ikke har det nødvendige detaljnivået eller et for høyt detaljnivå bør tiltak gjøres. Ved for lavt detaljnivå må elementet splittes opp for å samsvare med aktiviteten den skal knyttes til. Dette kan for eksempel være et betongdekke som er tegnet som et element, men må støpes i fire etapper. Et lavt detaljnivå er det mest kritiske av de to og må gjøres noe med, mens et for høyt detaljnivå kan gjøres noe med for å skape en bedre oversikt (jfr. 8.1.3).

Om BIM-modellen med for lavt detaljnivå er under utvikling parallelt med planleggingsprosessen bør ansvarlig utførende for BIM-modellen gis informasjon om behovet for et bedre detaljnivå og oppdatere modellen deretter.

9.1.1.3 Delprosess 3

Bryte ned prosjektet i ønsket detaljnivå for å spesifisere hvilke aktiviteter som må gjennomføres og etablere den foreløpige logiske avhengigheten mellom dem (jfr. 5.2). Resultatet av denne prosessen skal utvikle en aktivitetsliste på det aktuelle detaljnivået for fremdriftsplanen.

9.1.1.4 Delprosess 4

Mengdeuttak fra importerte modeller (4a). Dette kan gjennomføres i 4D-verktøyet eller manuelt (jfr. 8.1.6) fra modellen. Hvilke objekter som det skal trekkes mengder ut fra bestemmes av den gjennomførte prosjektnedbrytingen og detaljnivået til modellene. Ved et lavt detaljnivå i modellene som for eksempel ved mengdeuttak av armering som ikke er prosjektert inn i betongen må mengden beregnes manuelt (4b). De aktuelle mengdene (fra modellene og beregningene) samles i en mengdeliste (ressursliste).

9.1.1.5 Delprosess 5

Koble sammen mengder og aktiviteter. Ved å utføre dette blir det opprettet en forbindelse mellom aktivitetene i planen og objektene fra BIM-modellene. Denne

forbindelsen etableres gradvis i utviklingen av fremdriftsplanen.

9.1.1.6 Delprosess 6

Bestemme varigheten til aktiviteten. Etter å ha koblet mengdene og aktivitetene sammen legges timeverk og arbeidsressurser til aktiviteten for å bestemme varigheten. Timeverk og arbeidsressurser importeres fra Jobbmappa. Under denne prosessen kan det også legges til relevant informasjon om aktiviteten, for eksempel hvilke aktører som skal utføre den, angrepspunkt og lignende. Den logiske avhengigheten mellom aktiviteten defineres ytterligere.

9.1.1.7 Delprosess 7

Kontroll av fremdriftsplanen gjennomføres ved 4D-simulering av den foreløpige fremdriftsplanen. Denne verifisering av planen kan gjøres kontinuerlig under utarbeidelsen av planen, men følgende elementer må være på plass for å kunne utføre det: Datageometri fra BIM-modellen, start- og sluttdatoer for aktivitetene fra fremdriftsplanen, forbindelser mellom BIM-modellen og fremdriftsplanen. Godkjennes ikke planen må de innledende prosessene analyseres.

9.1.1.8 Delprosess 8

Om fremdriftsplanen består den siste og avgjørende kontrollen og planleggeren sier seg «ferdig» kan 4D-fremdriftsplanen benyttes videre til oppfølging, visualisering av aktiviteter til arbeidere og lignende.

9.2 Utvekslingskrav og funksjonelle deler

Uttekslingskrav og funksjonelle deler for prosesskartet presenteres i dette delkapittelet. Utvekslingskravene er de kravene som stilles til hver prosess for at den skal bli gjennomført, mens de funksjonelle delene viser hvordan utvekslingskravene standardiseres i filformatet IFC4. Det er tatt utgangspunkt i hovedelementene som er av interesse i 4D-planlegging er prosjekterende domene, fremdriftsplanlegging og kobling mellom domenene. Det er informasjon fra disse som er nødvendig for å gjennomføre 4D-simulering.

Som nevnt innledende benyttes delkapittel 3.5 og et diskusjonsdokument fra Inpro-prosjektet i stor grad til oppbygging av tabellene i dette delkapittelet (jfr. 3.5.1).

Tabell 9.1 presenterer utvekslingskravene som må ligge til rette for import og mengdeuttak fra BIM-modellene samt input til 4D-simuleringen.

Prosjekterende domene		
Utvekslingskrav		Funksjonelle deler
Informasjon	Beskrivelse	IFC4
Bygningsstruktur	Romlig dekomponering av en bygning. Består typisk av: - Byggetomt - Bygning - Etasjer - Rom - Bygningselementer	- IfcProject - IfcSite - IfcBuilding - IfcBuildingStorey - IfcSpace - IfcBuildingElement - IfcRelAggregates - IfcRelContainedInSpatial-Structure
Bygningselementer	Alle fysiske elementer som er relevant for konstruksjonen og mengdeuttak. For eksempel: - Fundament - Vegger - Bjelker - Søyler	- IfcBuildingElement - IfcBuildingElementProxy
Element splitting	Spalting av bygningselementer i henhold til fremdriftsplanen	- IfcRelNests
Element fremstilling	Lokasjon og geometri av bygningselementer.	- IfcProduct.ObjectPlacement - IfcProduct.Representation
Element egenskaper	Enhver type egenskaper og mengder som beskriver elementet. For eksempel areal, material egenskaper, lengde etc.	- IfcElementQuantity - IfcPropertySet
Rutenett	Aksesystem som kan benyttes for posisjonering av elementer og definisjon av soner	- IfcGrid - IfcGridAxis - IfcRelContainedInSpatial-Structure
Byggesoner	Geometrisk rom inni bygningen som kan benyttes for å definere konstruksjonssekvenser.	- IfcSpatialZone

Tabell 9.1: Utvekslingskrav og funksjonelle deler for det prosjekterende domene

Tabell 9.2 presenterer utvekslingskravene som må ligge til rette for eksport fra fremdriftsplanen og input for å gjennomføre 4D-simuleringen.

Fremdriftsplanlegging		
Uttekslingskrav		Funksjonelle deler
Informasjon	Beskrivelse	IFC4
Prosjekt egenskaper	Informasjon om prosjektets start- og sluttdato, varighet etc.	- IfcProject
Kalender	Definerer tidsperioder for utførelse av arbeidet	- IfcWorkCalender
Fremdriftsplan	Logisk samling av aktiviteter som skal gjennomføres i prosjektet.	- IfcWorkschedule
Aktivitet	Definisjon av aktivitetene	- IfcTask
Restriksjon av tid	Tidsrelatert informasjon, f.eks. start, slutt, varighet etc.	- IfcTaskTime
Logisk avhengighet	Logisk avhengighet som definerer eller styrer arbeidsflyten	- IfcRelSequence
Hierarkisk nummerering	Muliggjør avgrensning av fremdriftsplanen til hvilken som helst dybde	- IfcRelNests
Visualiseringsparametere	Følgende grunnleggende parametere: - Indikasjon om en aktivitet skal visualiseres eller ikke - Prosesstype (konstruere, midlertidig, rive, start-, midt- og sluttperiode) - Mulighet for å gi farge til elementer - Mulighet for å gi elementer gjennomsiktighet - Simulering av elementenes vekst - Transportvei for elementer - Omkringliggende områdes egenskaper (GIS-data, bakgrunnsbilde)	- IfcRelAssignsToProcess
Ansvarlig aktører og obligatoriske ressurser	Informasjon som muliggjør beregning av aktivitetenes varighet. Som elementmengder, utstyr og arbeidsressurser.	- IfcResource

Tabell 9.2: Utvekslingskrav og funksjonelle deler for fremdriftsplanlegging

Tabell 9.2 presenterer hvordan koblingen mellom aktiviteter og byggelementer samt byggelementer og mengder standardiseres i IFC4. I motsetning til Tabell 9.1 og 9.2 er dette en del av prosessen som kommer frem i prosesskartet og skal tilrettelegge for kontinuerlig kontroll av fremdriftsplanen ved gjennomføring av 4D-simulering.

Kobling mellom domene		
Utvekslingskrav		Funksjonelle deler
Informasjon	Beskrivelse	IFC4
Kobling mellom aktivitet og byggelement	Er nødvendig for å gjennomføre selve 4D-simuleringen	- IfcRelAssignsToProcess (RelatingProcess = IfcTask; RelatingObjects = IfcBuildingelement)
Kobling mellom byggelement og mengder	Beregnete mengder og timeverk er nødvendig for å bestemme aktivitetenes varighet	- IfcRelAssignsToProcess (RelatingResource; RelatingObjects = IfcBuildingelement)
Kobling mellom kalender, aktiviteter og ressurser	Er nødvendig for å avgrense arbeidsperiodene	- IfcRelAssignsToControl

Tabell 9.3: Utvekslingskrav og funksjonelle deler for kobling mellom domene

Del V

Diskusjon og konklusjon

Kapittel 10

Diskusjon

HENT AS har nylig tatt i bruk planleggingsverktøyet Safran Project for planlegging og kontroll av prosjekter. Dette verktøyet legger til rette for en tettere oppfølging av fremdrift samt generering av rapporter som kan indikere forsinkelser på et tidlig stadium. I Safran fremstilles fremdriftsplanen på den tradisjonelle linkede Gantt-diagram metoden. HENT fortsetter med dette den vanlige og godt kjente planleggingsprosessen som benyttes her til lands. Denne prosessen lener seg på bruken av 2D-tegninger og manuelle beregninger av mengder og varighet for å utvikle fremdriftsplaner. Noe som ofte kan føre til lange dager med mengdeuttak og beregninger for å finne varigheten til aktivitetene. Videre bør planleggerne inneha erfaring med visualisering av bygget mentalt fra 2D-tegningen og bør dermed ha kjennskap til de ulike byggelementene som skal produseres.

For større og komplekse prosjekter må planleggeren ta hensyn til alle fag-gruppene som skal inn å utføre arbeid i prosjektet for å kunne utvikle en plan med god flyt og lite grensesnittproblematikk. Å holde oversikten over planene til de ulike fagene og de representative plantegningene kan by på utfordringer for den mest erfarne planlegger. Det er mange aspekter som må tas hensyn til (blant annet omfang, plassbehov, arbeid, lagring, utførelse og kontinuitet), samtidig som planleggeren kun har en visuell fremstilling av bygget i hodet.

Som et hjelpemiddel i produksjonsfasen søker BIM å øke kommunikasjonen, senke grensesnittproblematikken og skape en bedre flyt av informasjon mellom aktørene. Selv om bruken av BIM er stadig økende er det fortsatt deler av bransjen som enda er skeptiske til de teoretiske fordelene som følger med BIM og 4D. En bredere implementering vil føre til at de kjente prosessene må utvikles og over tid forandres for å skape en bedre samhandling mellom alle aktørene og for å utnytte BIM optimalt.

Dette kapitlet drøfter om produksjonsplanleggingen i HENT og videre implementering av BIM stemmer overens med de teoretiske beskrivelsene, samt drøfting av utfordringene med den videre implementeringen.

10.1 Teori mot praksis

Litteraturstudiet presenterte den teoretiske beskrivelsen av planleggingsprosessen og -metoden (kap.4 og 5) som benyttes i byggeprosjekter. Teorien stemmer godt overens med den teoretiske produksjonsplanleggingen i HENT (kap.6.2). Videre verifiserte intervjurunden gjennomføringen av planleggingen og bruken av aktivitetsbasert planleggingsmetode. Inndeling av aktiviteter i de ulike planene gjennomgår en uorganisert form av prosjektnedbryting (WBS) hvor rekkefølgen av aktivitetene blir fastsatt.

10.1.1 Planleggingsprosessen

Intervjuobjektene fremstilte planleggingsprosessen i bedriften som en kombinasjon av forslagene gitt i teorien (Tabell 4.2). Samtidig trakk de frem kontinuerlig oppdatering, kontroll og overvåking av planen som viktige elementer. Dette er noe HENT tydelig legger vekt på med gjennomføring av øko-rapportering hver andre uke og innføringen av Safran. Men for å kunne gjennomføre dette og samtidig ta læring av det, bør en konkret fremdriftsplan ligge i grunn.

Per dags dato er et komplett styringsdokument under revisjon, men ikke ferdigstilt. Det er noe som har ført til en tildels sprett praksis av planleggingsprosessen til tross for arrangerte kurs innenfor planlegging. Som eksempel sverger ett av intervjuobjektene til nesten kun bruk av erfaring i planleggingsprosessen, mens de resterende benytter en god blanding av erfaring og prosess. Hvor sistnevnte er de som gjennomfører de mest vellykkede prosjektene. Dette viser at et styringsdokument er ønskelig for å bidra til en ensrettet fremgangsmåte.

Ettersom fremdriftsplanen i produksjonsfasen går over til å være et styrende dokument for fasen er den en viktig del av prosjektet. De ulike fremdriftsplanene har ulike roller (jfr. 6.2), hvor den aktuelle produksjonsplanen som er den mest detaljerte planen skal koordinere selve produksjonen og virke førende for rapportering. Produksjonsplanen styres av fremdriftsmøter, driftsmøter og basemøter. På denne måten kan de ulike planene til UE legges til produksjonsplanen og eventuelle grensesnittproblematikk kan bli avdekket. Planleggingsprosessen utvikler seg ofte videre til såkalt trimmet bygging når de innvendige arbeidene settes i gang. Her kan arbeiderne bidra til en mer detaljert og effektiv plan. Men for at det skal være mulig må planleggerne klare å formidle innholdet i planen og dens fremgangsmåte. På samme måte må planen illustreres på byggeplassen slik at basene og arbeiderne er inneforstått med arbeidsoppgavene de står ovenfor. I dag blir dette illustrert med enten fargestreker i Microsoft Excel, Safran eller tegninger. Disse visuelle og informasjonsutveksling utfordringene er elementer som kan forbedres gjennom 4D-planlegging.

10.1.2 Planleggingsmetode

Innledende ble det avdekket at HENT benytter seg av den aktivitetsbaserte planleggingsmetoden. Videre bruker de inndelingen av kontrollområder for å avklare hvor aktivitetene finner sted. Planen visualiseres med linkede Gantt-diagrammer. En av ulempene med denne fremstillingen er at plasseringen av en aktivitet krever samtidig beslutning med hensyn til disponering av ressurser og aktivitetens varighet. Med andre ord bør mengder, timeverk og avhengighet mellom aktivitetene være tilgjengelig under utarbeidelsen av fremdriftsplanen.

Timeverkene og mengdene for beregningen av varigheten til aktiviteten kan finnes igjen i Jobbmappa, i Excel-format. Det er med dette ett visst samarbeid mellom planleggeren og KI-avdelingen. Hvor planlegger trekker ut timeverk og mengder manuelt fra Jobbmappa. I denne prosessen utføres det samtidig kontroll av mengder med grunnlag i 2D-tegninger. Det gjennomføres også en parallell og separat planlegging av ressursbruken i prosjektet. Denne arbeidsressursen er i tillegg til mengder og timeverk nødvendig for å beregne varigheten til aktivitetene. Det er dermed å anbefale at denne prosessen innføres i selve planleggingsprosessen. På den måten kan det evalueres hvordan ressursbruken til de ulike aktivitetene påvirker varigheten og prosjektet som helhet. Det vil også åpne opp for en optimalisering av fremdriftsplanen og skape et mer korrekt bilde av ressursbruken med utgangspunkt i mengdene.

10.2 Implementering av BIM

Implementeringen av BIM er ikke en naturlig progresjon. Det er en overgang fra tradisjonelle fremgangsmåte ved bruk av 2D-tegninger til modeller, som oppfordrer til et bredt samarbeid mellom de ulike aktørene i prosjekt. Mens utbyttet av BIM avhenger av hvor godt og på hvilket stadium prosjektgruppen arbeider på. Fra teorien vil et tidlig samarbeid i prosjektet mellom arkitekt, prosjekterende og utførende være optimalt.

I HENT er implementeringen av BIM blitt gjennomført bredt for å gi flere i bedriften erfaring og på denne måten skape et utviklingpress for å videreutvikle bruken. Dette har i midlertidig ennå ikke ledet til bruk av 4D i prosjekter, men ansettelse av egne BIM-teknikere, bruk av tilbudsmodellering, aktiv modellbruk i prosjektering og aktiv modellbruk i produksjonsfasen (jfr. 6.3). Videre ligger hovedvekten av prosjektene i HENT på totalentrepriser og samspillprosjekter. Dette bidrar til tidligere samarbeid mellom de prosjekterende, arkitekten og HENT, noe som kan bane vei for et godt BIM-grunnlag. Det vises i det aktuelle prosjektet for denne masteroppgaven hvor de benytter åpenBIM for å hindre interoperabilitetsproblemet samt gjennomfører ukentlige kollisjonskontroller. Samtidig bidrar *HÅNDBOK - Trimmet digital Bygging* (2012) til at BIM-grunnlaget for prosjektet er godt.

Men for at bruken av åpenBIM skal kunne fungere optimalt bør det foreligge in-

strukser for den ulike bruken av det. Fra teorien er det beskrevet at det først når det er enighet om de tre standardene IFC, IFD og IDM at optimal bruk av åpenBIM oppnås (jfr. 3.3). Med andre ord så må teknologien, verktøyet og arbeidsprosessen være på plass. Dette foreligger til en hvis grad for utførelsen av kollisjonskontroller, men ikke den videre implementeringen av BIM til 4D-planlegging.

Gjennom casestudiet kom det frem at kun en generell forståelse av BIM og 4D-prosessen er nødvendig for å kunne gjennomføre planlegging i 4D. Men for at denne prosessen skal kunne gjennomføres effektivt, bør det foreligge enighet om fremgangsmåte samt at inputene fra BIM-modellen og Jobbmappa bør være lagt til rette for det. Videre er det ønskelig å ha bistand fra programvareleverandøren eller ekstern rådgiver hvis det oppstår tekniske problemer eller utfordringer i arbeidet med 4D-verktøyet. En implementering av 4D-planlegging vil kreve at planleggeren innehar den ovennevnte forståelsen om 4D-prosessen samt grunnleggende kunnskap om 4D-verktøyet.

10.3 4D-planlegging

Enkelt forklart er 4D-planlegging å integrere fremdriftsplanen (tid) med BIM-objektene. Med andre ord så kobles fremdriftsplanen sammen med de aktuelle BIM-modellene slik at det skapes en visuell plan. Denne prosessen inneholder komponenter som BIM-modeller, mengdeliste, timeverk og aktiviteter. På grunn av dette kan det i praktisk oppstå problemer fordi disse komponentene ikke blir produsert i en gitt rekkefølge og heller ikke av samme aktør.

Opprettelsen av IDM'en skal løse disse problemene ved å kartlegge selve prosessen samt sette krav til utvekslingen av informasjon mellom aktørene i den. I teorien presenteres en vanlig og en forbedret 4D-prosess. Hvor det i den vanlige prosessen genereres en 4D-simulering fra en manuell eller halvautomatisk sammenkobling av 3D-objekter og aktiviteter. Blir det foretatt en forandring i modellen eller fremdriftsplanen må 4D-simuleringen manuelt oppdateres. Videre følger det ikke med informasjon om mengder og ressursbehov i den ordinære 4D-prosessen (jfr. 3.4.2).

Den forbedrede prosessen inkluderer mengdeuttak og mulighet for å evaluere den foreløpige fremdriftsplanen i 4D-simulering. Egenskapene til 3D-objektene og mengdene blir så foreslått samlet i en database før de kobles sammen med aktivitetene. Slik vil koblingen gå fra å være en manuell sammenkobling til å være en automatisk regelbasert sammenkobling (jfr. 3.4.3).

Forslaget presentert i den forenklede IDMen (kap. 9) innfører mengdeuttak, uttak av timeverk og ressurser og evaluering av den foreløpige fremdriftsplanen. Men den tar ikke for seg en automatisk regelbasert sammenkobling av elementene. Dette hemmer effektiviteten til prosessen, men til tross for dette så antas det at den forenklede IDMen kan løse noen av problemene som ble kartlagt i tradisjonell fremdriftsplanlegging og i utvekslingen av informasjon mellom de ulike aktørene. Den

gradvise koblingen mellom aktiviteter og 3D-objektene vil bidra til kontroll og verifisering av den foreløpige fremdriftsplanen. Hovedelementene som er valgt å trekke frem fra denne prosessen er detaljnivået for BIM-modellen mot fremdriftsplanen, mengdeuttak og timeverk samt kobling mellom objektene og aktivitetene.

10.3.1 Modellenes detaljnivå mot fremdriftsplanen

BIM-modellene utvikles som regel av de rådgivende fagene. De vil arbeide på den mest effektive måten med modelleringen av 3D-objektene i modellen. Dette kan føre til at objekter som strekker seg over flere etasjer blir modellert som ett objekt og ikke oppdelt. Som et eksempel kan en avstivende betongvegg modelleres som ett objekt over fem etasjer. Ved å gjøre dette istedenfor å dele betongveggen inn i fem deler (de fem støpetappene den kan ha) blir rådgiveren raskere ferdig med modelleringen. For planleggeren kan dette skape problemer når han skal koble de tilhørende aktivitetene til betongveggen. I dette eksemplet har planleggeren fem aktiviteter som skal kobles til et objekt. Objektet bør dermed bearbeides og deles inn i fem objekter før planleggeren oppretter koblingen mellom dem. Det bør med andre ord prosjekteres med tanke på produksjon, altså objektene bør være forenelige med de arbeidsoppgavene som skal utføres på dem.

Men dette gjelder bare når detaljgraden av fremdriftsplanen tilsier det. For eksempel trenger ikke 3D-objektet til et dekke å være inndelt i sine støpetapper hvis detaljgraden til fremdriftsplanen ikke er på et aktivitetsnivå. Det er først når fremdriftsplanen blir mer detaljert at inndelingen av dekket blir aktuelt. Det anbefales derfor at det er kommunikasjon og samarbeid mellom planleggeren og den aktuelle rådgiveren for å kunne fastsette detaljgraden til BIM-modellen mot fremdriftsplanen. Ved utviklingen av en produksjonsplan med samtlige fag inne i bildet kan dette bli en utfordring. Da spesielt med tanke på at de tekniske fagene kan ha produsert egne fremdriftsplaner. Planleggeren bør ta stilling til hvor detaljert gjennomføringen av 4D-simuleringen skal være, hvilke fag som er aktuell for den og om hvorvidt det gir en gevinst.

En alternativ metode for at modellenes detaljnivå skal være forenelig med fremdriftsplanen er at planleggeren kan se bort fra et samarbeid med de rådgivende fagene og selv bearbeide detaljnivået slik at det samsvarer med fremdriftsplanen. Det kan enten gjennomføres via 4D-verktøyet eller bruk av et modelleringsverktøy (personlig eller ved hjelp fra BIM-teknikker). Det aktuelle 4D-verkøyet i denne masteroppgaven gir planleggeren en slik mulighet. Men ved å forbedre modellenes detaljnivå på denne måten vil det skapes problemer ved en senere import av en oppdatert BIM-modell. Da må planleggeren bearbeide detaljnivået for modellen på nytt.

Ved utførelsen av casestudie i denne masteroppgaven var de ovennevnte tiltakene ikke nødvendige. Dette kom av at detaljnivået for de aktuelle BIM-modellene var tilstrekkelig. Det ble i motsetning gjennomført forenkling slik at arbeidsmengden ikke ble overveldende (jfr. 8.1.3). I ettertid ses den prosessen på som nødvendig

for å kunne gjennomføre en effektiv kobling mellom elementene i 4D-planen, men det kan diskuteres om den totale tidsbruken fra import til kobling ble noe lavere.

10.3.2 Mengdeuttak og timeverk

I prosjektets tidlige fase benytter planleggeren seg av mengder og timeverker fra Jobbmappa (kalkylen) for å finne varigheten til de ulike aktivitetene i fremdriftsplanen. Under den videre utviklingen av prosjektet skjer det forandringer og de ulike elementene i bygget blir fastsatt. For eksempel kan det bli bestemt at istedenfor at et område skal benyttes til møterom blir det omgjort til kontorarealer. For å etterfølge disse forandringene i utviklingen av mer detaljerte fremdriftsplaner, må planleggeren kontrollere mengdene opp mot prosjekteringsgrunnet for å kunne fastsette så nøyaktige varigheter på aktiviteter som mulig.

I 4D-prosessen, presentert i den forenklete IDMen, er uttaket av mengder og timeverk essensielle for bestemmelsen av varigheten til aktivitetene og 4D-planens videre utvikling. I casestudie ble timeverkene hentet fra Jobbmappa, mens mengdene ble manuelt trukket ut fra BIM-modellene gjennom verktøyet Solibri Modell Checker. Varigheten til de aktuelle aktivitetene ble så beregnet i Excel før de ble lagt til 4D-verktøyet. På den måten foreligger det en nøyaktig og oppdatert varighet for aktivitetene. Dette vil bidra til at simuleringen av 4D-planen være så realistisk som mulig og som igjen kan være til hjelp under eventuelle diskusjoner i fremdriftsmøtene.

Men fra den presenterte teorien er denne prosessen med mengdeuttak og timeverk ikke den som vil fremkomme som den mest effektive (jfr. 3.4.3). I gjennomføringen benyttes det 3 ulike programvarer som kun har enveis kommunikasjon med hverandre. Det fører til at det blir en manuell og ineffektiv prosess sammenlignet med om denne prosessen kunne vært gjennomført i 4D-verktøyet. Det kunne da vært mulig å få automatisert beregningene gjennom de koblingene som opprettes.

En alternativ løsning for å kunne effektivisere den manuelle fremgangsmåten kan være å gjennomføre en reorganisering av deler av Jobbmappa slik at IDen til de ulike elementene i den samsvarer med IDen gitt elementer i BIM-teknikernes egne Excel-ark for kontrollerende mengder. Det Excel-arket baserer seg på «NS3451 - Bygningsdelstabell». På denne måten kan de aktuelle timeverkene (og mengdene) effektivt bli funnet i Jobbmappa og satt inn i et Excel-ark for beregning av varighet. IDen må på lik linje også benyttes i BIM-modellen.

10.3.3 Kobling av aktiviteter og 3D-objekter

Det essensielle i en 4D-prosess er koblingen mellom aktiviteter fra fremdriftsplanen og 3D-objektene importert fra BIM-modellene. Slik oppnås den visuelle 4D-simuleringen. I casestudie ble denne prosessen gjennomført manuelt ved å velge det aktuelle 3D-objektet og koble det til aktiviteten. Denne manuelle metoden kan være en tidskrevende prosess hvis det er vanskeligheter for å skille mellom 3D-objektene.

Men det baner etterhvert som koblingene blir opprettet, vei for å gjennomføre 4D-simuleringer av den foreløpige planen. Denne gradvise koblingen av planen åpnet opp for å utføre kontroller av fremdriftsplanens brukbarhet og utføre forbedringer når som helst i prosessen.

Ved å gjennomføre koblingen av aktivitetene og 3D-objektene/ressursene med en regelbasert og automatisk kobling kan denne prosessen gjennomføres betraktelig raskere. Hvis reglene er godt definerte antas det at det ikke vil være nødvendig å forenkle BIM-modellen fordi de aktuelle 3D-objektene vil kobles til sine representative aktiviteter automatisk. Men for å kunne gjennomføre en regelbasert sammenkobling bør planleggeren inneha god kjennskap til 4D-verktøyet og informasjonen de ulike 3D-objektene innehar samt hvordan defineringen av reglene fungerer.

Det antas at ved å innføre like IDer for 3D-objektene, aktivitetene og elementene i Jobbmappa vil den regelbaserte koblingen forenkles. Men det vil ikke være nødvendig for å kunne gjennomføre den.

Et annet element som må tas i betraktning er hvordan oppdateringen av fremdriftsplanen og BIM-modellene skal gjennomføres. Hvert BIM-objekt har sin egen GUID (ID). Ved å oppdatere objektet vil det inneha sin egen GUID, men slettes objektet for så å modelleres på nytt vil det få en ny GUID som ikke vil samsvare med det opprinnelige objektet. Dette kan skape problemer under oppdateringene av 4D-planen fordi det oppdaterte objektet ikke vil automatisk ta plassen til det opprinnelige objektet.

10.4 Arbeidet med 4D-verktøyet

4D-verktøyet som er benyttet i denne masteroppgaven er som kjent Synchro Professional. Det benytter seg av den tradisjonelle planleggingsmetoden. Arbeidet knyttet til dette verktøyet har blitt gjennomført med den tiden og kompetansen som har stått til rådighet. Samtidig har undertegnede ikke mottatt ekstern veiledning eller opplæring av verktøyet. Dette er noe som har lagt begrensinger for en optimal utnyttelse av det. Beskrivelse av arbeidet som er gjennomført i verktøyet samt kommentarer til det, kan finnes igjen i kapittel 8.

Synchro fremstår etter casestudie som et fullverdig planleggingsverktøy med opprettelse og kontroll av fremdriftsplaner og som i tillegg har muligheter for å opprette koblinger til 3D-objekter og utføre 4D-simuleringer. Det antas at en optimal bruk av verktøyet kunne ha ledet til en mer komplett vurdering av den aktuelle fremdriftsplanen. Samtidig bør det nevnes at det ville ha vært en enklere prosess å gjennomføre 4D-simulering av råbygget enn for en hel etasje. Dette på grunn av undertegnades planleggings erfaring.

Et spørsmål som dukker opp under casestudie er hvorvidt planleggeren skal belage seg på bruken av Synchro som planleggingsverktøy eller om det kun skal benyttes

til 4D relaterte arbeidsoppgaver. En sammenligning og vurdering av Safran mot Synchro er ikke gjennomført i denne masteroppgaven. Det kommer forøvrig frem i casestudie at kompatibiliteten mellom programvarene er noe trøblete (jfr. 8.1.4). Hvor fremdriftsplanen må eksporteres fra Safran i Microsoft Project filformat før det importeres til Safran. Bruk av 4D-verktøyet til kun 4D relaterte arbeidsoppgaver kan dermed være unødvendig tidskrevende om planleggeren må plages med import av fremdriftsplanen hver gang det skal utføres 4D relaterte oppgaver. Synchro er under stadig utvikling og kompatibilitet mellom verktøyene kan etterhvert være tilgjengelig.

Verktøyet gir dessverre ikke planleggeren mulighet for en automatisk beregning av varigheten til de ulike aktivitetene etter at de er koblet sammen med 3D-objektene og de tilhørende ressursene. Planleggeren må dermed belage seg på eksterne verktøyer for mengdeuttak og utføre beregningene, noe som er tidskrevende (jfr. 8.1.6). Med BIM i betraktning har verktøyet ett lyspunkt med muligheten for å gjennomføre en regelbaserte automatisk kobling mellom aktiviteter og mengder. Selv om dette ikke ble benyttet i casestudie antas dette å kunne øke effektiviteten til planleggingen. Verktøyet har forøvrig gode veiledninger og hjelpefunksjoner som hjelper planleggeren gjennom 4D-prosessen. En bakdel med disse hjelpefunksjonene er forklaringen av selve fremgangsmåten og etablering av en egen 4D-plan. I veiledningen går prosessen ganske flytende, men når det importeres elementer til en egen plan vil det kreve en større erfaring med verktøyet for å opprettholde samme effektivitet under gjennomføringen. Dette kan også komme av undertegnedes begrensende bruk og erfaring av verktøyet.

10.5 Utbytte og forutsetninger

Fra teorien, intervjuene og utførelsen av casestudie trekkes det frem fire reelle utbytter med implementering av 4D; kommunikasjon, kontroll og verifisering av planen, nøyaktig mengdeuttak og integrert ressursplanlegging.

Nevnt innledende i kapitlet benytter planleggeren seg av blant annet 2D-tegninger for å planlegge og kommuniserer planen videre til utførende. Ett av de umiddelbare utbyttene ved BIM og 4D-planlegging er muligheten for å visualisere bygget og planen. Dette utbytte gjelder både for planleggeren i utførelsen av planen og for den videre bruken av den. Med dette menes det at planleggeren får en konkret 3D-modell som han kan jobbe opp mot og på denne måten slipper å tolke 2D-tegningen. Planleggeren kan videre benytte 4D-simuleringen gradvis under planleggingen for å kontrollere og verifisere planen. Når planen og 4D-simuleringen er «komplett» kan den benyttes til kommunikasjon mellom planleggeren, UE og andre aktuelle aktører. Hvilke gevinster dette vil ha i et reelt prosjekt er det ikke vurderingsgrunnlag for i denne masteroppgaven.

Å benytte BIM-modellen til mengdeuttak gir planleggeren nøyaktig mengder på objektene som igjen gir de tilknyttede aktiviteten nøyaktig varighet ved bruk av

relevante timeverk og arbeidsressurser. Dette bidrar til en mer realistisk plan, spesielt ved implementering av ressursbruken. Til tross for at mengdeuttaket og beregningene presenteres som manuelle betraktes de som effektive i forhold til de tradisjonelle metodene.

Men de ovennevnte utbyttene antas kun å være toppen av isfjellet. 4D-verktøyet har flere ulike funksjoner som blant annet kan evaluere ressurs-planlegging og -bruk. De ulike aktivitetene kan tilegnes utførende aktør og arbeidslag. Hvis det er ønskelig kan utstyr også legges inn. Videre må det nevnes at casestudie kun tar for seg planlegging av en etasje, mens 4D-verktøyet kan benyttes gjennom hele byggeprosjektet. Det er mulig å legge inn detaljer som grunnarbeider, forskalingsarbeider, riggplan, adkomstvei, kraner etc.

10.5.1 Forutsetninger

For å kunne dra nytte av de ovennevnte utbyttene ved implementeringen av 4D i planleggingen bør teknologien, verktøyet og arbeidsprosessen være på plass.

Bedriften må i tillegg til å ta en avgjørelse om hvilket 4D-verktøy som passer best mot deres langsiktige mål, gjennomføre opplæring og oppfølging i bruken av det. For en bransje som er knapp på tid og stadig under tidspress kan en slik forpliktelse være krevende. Videre bør de aktuelle arbeiderne ha en generell forståelse av BIM og de nye prosessene som det medbringer.

Det bør ligge kravspesifikasjoner til grunne om samarbeidet mellom planlegger og KI samt planlegger og rådgivende fag. På denne måten kan uttak av timeverk og mengder samt forbedringer av BIM-modellene gjennomføres effektivt.

Fremdriftsplanene er levende planer (jfr. 6.2.2.3), som etter sin produksjon skal brukes til styring og kontroll av prosjektet. Det er dermed viktig å ha kartlagt hvilke krav som må foreligge ved den kontinuerlige oppdateringen av 4D-planen. Dette innebærer hvordan oppdateringen av modellene og fremdriftsplanen gjennomføres og hvilke krav det setter til de inputene som er i planen.

Kapittel 11

Konklusjon

HENT AS bruker den godt kjente aktivitetsbaserte planleggingsmetoden, med visuell fremvisning i Gantt-diagrammer til planleggingen av prosjekter. Denne fremstillingen av aktiviteter krever samtidig beslutning med hensyn på aktivitetens varighet og ressursbruk. Mengder, timeverk, arbeidsressurser og avhengighet mellom aktivitetene bør være tilgjengelig avhengig av type fremdriftsplan. Hjelpemidlene for beregning av varighetene er som oftest 2D-tegninger og kalkulator. Mens ressursplanleggingen kan fremkomme som en parallell og separat prosess. Presentasjon av den ferdigstilte fremdriftsplanen gjøres for gitte tidsperioder enten med fargestreker i Excel eller Safran, hvor 2D-tegninger benyttes som det visuelle grunnlaget. Et umiddelbart utbytte av BIM og 4D er visualiseringen av bygget og fremdriftsplanen både under og etter planleggingen. Planleggeren slipper med dette å gjøre antagelser basert på 2D-tegningen, noe som kan lede til oppdagelse av grensesnittproblematikk og en enklere formidling av planen til aktuelle aktører.

De mest brukte entreprisformene er med på å danne et godt grunnlag for samarbeid mellom aktørene, mens «Håndbok - Trimmet digital Bygging» danner et godt BIM-grunnlag i dagens prosjekter. Men for å videreføre bruken av BIM til 4D-planlegging, er det flere elementer som må bli tatt i betraktning. Implementering av 4D vil kreve at HENT fører et tettere samarbeid med aktørene i prosjektene både internt og eksternt. Det må tas en avgjørelse om hvilket 4D-verktøy som skal benyttes og i hvilken grad det skal gjøres. Samtidig må planleggerne få opplæring i bruken av det aktuelle 4D-verktøyet samt en forståelse for arbeidsprosessen. Det er også nødvendig med bistand fra teknikker eller eksternt rådgiver om det støtes på utfordringer eller problemer under bruken av verktøyet. For å kunne benytte 4D-planen til videre kontroll og styring er det en forutsetning at planen kan oppdateres i takt med eventuelle endringer i fremdriftsplanen og oppdateringer av BIM-modellene.

Med kunnskap fra casestudie og tidligere forskning er det utviklet en forenklet IDM for å løse noen av utfordringene bruken av 4D byr på. IDMen kartlegger selve 4D-prosessen og setter krav til utvekslingen av informasjon mellom aktørene

i den. Prosessen innfører mengdeuttak fra modellene, uttak av timeverk og ressursplanlegging. Videre åpner den for en gradvis kobling mellom aktivitetene og 3D-objektene slik at kontroll og verifisering av den foreløpige fremdriftsplanen blir mulig. Selve koblingen mellom aktiviteten og 3D-objektene er det essensielle i en 4D-modell, mens mengdeuttak fra modellene gir planleggeren nøyaktig mengder. En innføring av ressursplanlegging i planleggingsprosessen vil åpne for en bedre evaluering av ressursbruken samt danne et mer korrekt bilde av den. På denne måten kan planleggeren med bruk av relevante timeverk og arbeidsressurser beregnes nøyaktig og realistisk varigheter for aktivitetene. Dette bidrar til en realistisk og kvalitetssikker 4D-simulering. Den forenkla IDM'en danner et generelt grunnlag for prosessen som må gjennomføres for utviklingen av 4D-simulering.

Erfaring fra gjennomføringen av masteroppgaven tilsier at implementeringen av 4D-planlegging er kompleks. Det antas at for en bransje som stadig er under tidspress vil gjennomføringen av implementeringen være krevende, men de positive effektene vil være merkbare. På bakgrunn av dette anbefales det at HENT fortsetter sin BIM-satsning. Men før det tas en beslutning om implementering av 4D, bør BIM benyttes i større grad som et visuelt hjelpemiddel og til generell mengdeuttak i dagens prosjekter.

Kapittel 12

Videre arbeid

Innledende foreslås det at det videre arbeidet består av en bedre og større bruk av de elementære funksjonene BIM stiller til rådighet i produksjonen. Disse funksjonene er; bruk av modellen for visualisering av bygget, mengdeuttak og kollisjonskontroll. Prosjektledere, anleggsleder og (kanskje) arbeidsledere trenger med dette opplæring i bruken av BIM-verkøyer, slik at de kan benytte seg av funksjonene. Det antas at dette kan bidra å øke utviklingspresset i bedriften, noe som til slutt kan føre til implementeringen av 4D.

Det foreslås også at det gjennomføres en evaluering av 4D-verkøylene som finnes på markedet. Dette på bakgrunn av at Synchro Professional ikke muliggjør en automatisk mengdeberegning og innehar en noe problematisk bruk av programvaren. Det er mulig at det, gjennom kursing av verktøyet kommer frem andre essensielle funksjoner som verktøyet innehar.

Et annet forslag er å benytte den foreslåtte IDMen og det brukte 4D-verktøyet til videre studie av blant annet oppfølging og kontroll av fremdriftsplanen. På denne måten kan det dannes en mer komplett IDM for fremdriftsplanleggingen og en bedre evaluering av programmet kan gjennomføres.

Referanser

- Autodesk navisworks, project review software.* (2013).
<http://www.autodesk.com/products/autodesk-navisworks-family/overview>.
- Azhar, S. (2011, juli). Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252. Hentet 2012-11-22 fra <http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?280644>
- Bostad, M., Singsdal, I. & Gjerp, L. (2011). *BIM i byggeprosessen* (Bachelor). Trondheim: HiST - Maskinteknikk og logistikk.
- Brækkan, K. (2011, juni). *Evaluering av planleggingsmetoder og bruk av 4d i produksjonsfase* (Masteroppgave). Trondheim: Institutt for bygg, anlegg og transport.
- BuildingSMART. (2012, januar). *The BIM evolution continues with OPEN BIM*. Hentet fra <http://buildingsmart.com/about-us/buildingsmart-international/OPEN%20BIM%20ExCom%20Agreed%20Description%2020120131.pdf>
- Christensen, L.C. (2012). Lederartikkel. *HENT - tema, BIM/åpenBIM nytt fra HENT AS*.
- Cooke, B. & Williams, P. (2009). *Construction planning, programming and control*. Chichester, U.K.; Ames, Iowa: Wiley-Blackwell.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). *BIM handbook : A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2. utg.). Hoboken: Wiley.
- Granholt, L. (2010). *BIM and information management continued | BIMsight*. Hentet 2012-11-23 fra <http://www.bimsightblog.com/bim-and-information-management-continued/>
- HENT AS*. (2012). Hentet 2013-05-10 fra <http://www.hent.no/prosjekter/08/1216/>
- HENT AS*. (2013). <http://www.hent.no/oss/index.php>. Hentet 2013-05-12 fra <http://www.hent.no/oss/index.php>
- HÅNDBOK - trimmet digital bygging*. (2012, november). HENT AS.
- Hvorfor buildingsmart*. (2012). Hentet 2012-12-10 fra <http://www.buildingsmart.no/buildingsmart>
- ISO:29481-1:2010. (2010). *Building information modelling – information delivery manual – part 1: Methodology and format: ISO 29481-1:2010(E)*. Organization for Standardization (ISO).

- Iversen, J.S. (2012). *Bim i produksjon* (Prosjektoppgave). Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Jongeling, R., Kim, J., Fischer, M., Mourgues, C. & Olofsson, T. (2008). Quantitative analysis of workflow, temporary structure usage, and productivity using 4d models. *Automation in Construction*, 17(6), 780 - 791. Hentet fra <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508000265> doi: 10.1016/j.autcon.2008.02.006
- Karlishøj, J. (2011a, september). *buildingSMART international user group*. Hentet fra <http://iug.buildingsmart.org/idms/approval-of-idms>
- Karlishøj, J. (2011b, juni). *Information delviery manuals: Functional parts*. Hentet 2013-05-09 fra http://iug.buildingsmart.org/idms/training-material/IDM_FunctionalParts_20110703.pptx/view
- Kenley, R. & Seppänen, O. (2010). *Location-based management for construction: planning, scheduling and control*. London; New York: Spon Press.
- Larsen, A. & Unhjem, B.-S. (2013, februar). *HENTs fremdrifts- og bemannings-system*. Trondheim.
- Larsen, A.K. (2007). *En enklere metode : veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode*. Bergen: Fagbokforl.
- Mubarak, S.A. (2010). *Construction project scheduling and control*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Norsk teknologi*. (2012, november). Hentet 2012-11-21 fra <http://www.norskteknologi.no/Naringspolitikk/BIM/>
- Olsson, N. (2011). *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir akademisk.
- Rolstadås, A. (2011). *Praktisk prosjektstyring*. Tapir akademisk forl.
- Rørheim, T.-E. (2011). *Bim i totalentrepriser* (Masteroppgave). Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Konstruksjonsteknikk. Hentet fra http://www.buildingsmart.no/sites/default/files/2011_ntnu_tom-erik_roerheim_masteroppgave.pdf
- Samset, K. (2012, august). *Kvalitativ forskning*. Trondheim. Hentet fra <http://multimedie.adm.ntnu.no/mediasite/Catalog/pages/catalog.aspx?catalogId=ad3571ab-9717-4c15-9b60-877440d2eb83>
- Samspillentreprise*. (2012). Hentet 2012-11-29 fra <http://www.anskaffelser.no/art/bygg-anlegg-eiendom/byggeprosess/samspillentreprise>
- Standard administrative bestemmelser i HENT*. (2012, desember). HENT AS.
- Statsbyggs BIM-manual 1.2*. (2011, oktober). Statsbygg. Hentet 2012-11-21 fra http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/BIM/StatsbyggBIMmanualV1-2No_2011-10-24.pdf
- Synchro professional*. (2013). <http://synchro ltd.com/product/>. Hentet 2013-05-07 fra <http://synchro ltd.com/product/>
- Torjul, P.E., Eilertsen, A., Høstmælingen, A. & Tveit, E. (2013, februar). *HENTs fremdrifts- og bemanningssystem*. Oslo.
- Tulke, J., Bonsma, P., Weise, M. & Liebich, T. (2009, april). *IFC support for model-based scheduling* (Discussion Paper nr. InPro Project IP 026716-2). Hentet fra http://www.inpro-project.eu/media/20090421_IFC-Support_for

- Model-based Scheduling DiscussionPaper.pdf
- Tulke, J. & Hanff, J. (2007). 4d construction sequence planning – new process and data model. I *Proceedings of cib-w78 24 th international conference on information technology in construction* (s. 79–84).
- Tulke, J., Nour, M. & Beucke, K. (2008a). Decomposition of BIM objects for scheduling and 4D simulation. , 8. Hentet fra <http://www.inpro-project.eu/media/DecompositionBIM.pdf>
- Tulke, J., Nour, M. & Beucke, K. (2008b). A dynamic framework for construction scheduling based on bim using ifc. , 8. Hentet fra http://www.inpro-project.eu/media/IABSE_sep08_long.pdf
- Vico office suite.* (2013). <http://www.vicosoftware.com/products/Vico-Office/tabid/85286/Default.aspx>.

Kapittel 13

Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuguide

1. Hvilken planleggingsmetode benyttes i HENT?
2. Hvem utfører denne planleggingen?
3. Når lages de ulike planene (hovedplan, styringsplan, produksjonsplan etc.) i forhold til prosjektstart?
4. Hvordan inndeles ansvaret for de forskjellige planene?
5. Hvor mye tid sette av til dette?
6. Hvordan involveres andre parter (kalkulasjon, arkitekt, byggherre, under entreprenører) i de forskjellige stadiene av planleggingen?
7. Hvordan samarbeider kalkulasjon og UE med planleggerne?
8. Hvordan gjennomføres det praktiske arbeidet av disse planene?
9. Beskriv denne prosessens konkrete steg gjerne med hjelp av de to forslagene hentet fra litteratur.

Forslag A	Forslag B
1. Bli kjent med prosjektet	1. Identifisere aktiviteten:
2. Etablere nøkkeldatoer	a) Prosjektnedbryting
3. Anslå aktivitetenes varighet	b) Detaljert prosjektnedbryting
4. Fastsette aktivitetenes rekkefølge	2. Bestemme varigheten til aktivitetene
5. Avgjøre planlegging- og utførelse metoder	3. Bestemme det logiske forholdet mellom aktivitetene
	4. Gjennomgang og analyse av planen
	5. Implementere fremdriftsplanen
	6. Kontroll og overvåking
	7. Kontinuerlig oppdatering

Tabell 13.1: Fremgangsmåte for utvikling av en plan

10. Hvordan gjennomføres inndelingen av aktiviteter?
11. Hvordan beregnes en aktivitets varighet?
12. Hvordan bestemmes produksjonsraten (timeverk)?
13. Hvordan planlegges ressursbruken?
14. Hvordan bestemmes eventuelle buffer til aktivitetene?
15. Hvilke program og planleggingsverktøy brukes under planleggingen?

Vedlegg 2: Regneark varighet

Type	Personer	Oppbygging	Timeverk	Mengde				Dager			
				Nord	Øst	Sør	Vest	Nord	Øst	Sør	Vest
Yttervegg	2	200 mm ISO	0,1								
		50 mm ISO	0,07								
		Plast	0,1								
		50mm BV	0,2								
		SUM	0,47	164	237	171	237	5,1	7,4	5,4	7,4
	2	2 x gips	0,22	164	237	171	237	2,4	3,5	2,5	3,5
Innervegg					Øst	Vest			Øst	Vest	
	2	BV 100mm	0,3		603,8	582,9			12,1	11,7	
	2	Isolasjon	0,1								
Enkling (gips)		0,22									
SUM		0,44	603,8	582,9			12,9	12,4			
	2	Dobling (gips)	0,22		603,8	582,9			8,9	8,5	
Skjørt					Øst+sør	Vest+nord			Øst+sør	Vest+nord	
	2	BV	0,5		132,94	150			4,4	5	
	2	Gips	0,22								
Gips hjørner		0,1									
SUM		0,32	132,94	150			2,8	3,2			

Vedlegg 3: Fremdriftsplan

ID	Name	Planned Duration	Start	Finish	Do	Producers	Successors
1	1694_3_40	72d	27/06/13	10/09/13	0...		
2	3.1 Døke Søyler, Bekker og Støtting	1d	27/06/13	27/06/13	13d	3.2	3.2
3	3.2	1d	27/06/13	27/06/13	13d	3.1	3.3, 3.5
4	3.3 Tømmer	24d	28/06/13	28/06/13	52d	3.2	
5	3.2 Innveving	13d	28/06/13	27/06/13	57d		
6	3.2.1 Øst	13d	28/06/13	27/06/13	57d		
7	3.2.2 Vest	13d	28/06/13	27/06/13	57d		
8	3.2.31 Samlet	12d	28/06/13	12/06/13	13d	3.2, 12, 3.11...	
9	3.2.12 BV	13d	31/06/13	18/06/13	13d	3.2, 13	
10	3.2.12 ledningen...	9d	11/06/13	27/06/13	13d	3.2, 12	3.3, 11, 3.4, 1...
11	3.3.2 Vest	14d	28/06/13	27/06/13	52d		
12	3.3.1 Innveving	14d	04/06/13	27/06/13	52d		
13	3.3.1.1	6d	04/06/13	17/06/13	63d	3.3, 11	
14	3.3.1.1	6d	04/06/13	17/06/13	57d	3.2, 11	3.3, 11, 3.31...
15	3.3.1.2 2 x Gips	3d	07/06/13	17/06/13	63d	3.3, 11	
16	3.3.1.2 Øst	6d	12/06/13	17/06/13	57d		
17	3.3.1.2 Vest	6d	04/06/13	17/06/13	63d		
18	3.3.1.4	6d	12/06/13	27/06/13	52d		
19	3.3.3.1	6d	18/06/13	28/06/13	52d		
20	3.3.3.1	6d	19/06/13	28/06/13	52d		
21	3.3.3.1	6d	19/06/13	28/06/13	52d		
22	3.3.3.1	6d	19/06/13	28/06/13	52d		
23	3.3.3.1	6d	19/06/13	28/06/13	52d		
24	3.3.3.1	6d	19/06/13	28/06/13	52d		
25	3.3.3.1	6d	19/06/13	28/06/13	52d		
26	3.3.3.1	6d	19/06/13	28/06/13	52d		
27	3.3.3.2	6d	18/06/13	28/06/13	52d		
28	3.3.3.2	6d	18/06/13	27/06/13	52d		

42	3.4	Maler	22d	24/06/13	23/07/13	35d						
43	3.41	Maling	15d	24/06/13	12/07/13	13d	3.32	13.3	32.23	3.42	3.8	3.81
44	3.42	Gulv	15d	03/07/13	23/07/13	13d	3.41					
45	3.43	Maling himningskjøtt	7d	01/07/13	09/07/13	4d	3.33	12.3	33.22			
46	3.5	Elektrø	65d	04/06/13	02/09/13	6d						
47	3.51	Kledstu	20d	04/06/13	01/07/13	51d	3.2					
48	3.51.1	Vestbord	12d	04/06/13	19/06/13	51d						
49	3.51.2	Østevr	8d	20/06/13	01/07/13	51d	3.51.1					
50	3.52	Kanalmonstaje	20d	08/07/13	02/08/13	27d	3.41					
51	3.53	Trekking av kabler	45d	02/07/13	02/09/13	0 ...	3.51					
52	3.6	VVS	20d	03/06/13	28/06/13	50d						
53	3.6.1	Hoveddønger	18d	03/06/13	26/06/13	50d						
54	3.6.1.1	Nordøst	12d	03/06/13	18/06/13	50d	3.32	13				
55	3.6.1.2	Nordvest	6d	19/06/13	28/06/13	50d	3.61.1					
56	3.6.1.3	Sørøst	12d	03/06/13	18/06/13	50d	3.61.1					
57	3.6.1.4	Sørvest	6d	19/06/13	28/06/13	50d	3.61.3					
58	3.6.2	Silkk	8d	19/06/13	28/06/13	50d						
59	3.1.6	Kanalføring slakter	14d	04/06/13	21/06/13	57d	3.32	13				
60	3.7	Systemvægger/dørmonstaje	15d	24/07/13	13/08/13	20d						
61	3.7.1	Dørmonstaje	10d	24/07/13	06/08/13	25d	3.42					
62	3.7.2	Systemvægger	15d	24/07/13	13/08/13	13d	3.42					
63	3.8	Systemhinling	42d	15/07/13	10/09/13	0 ...						
64	3.8.1	Systemhinling kontor	8d	15/07/13	24/07/13	34d	3.41					
65	3.8.2	Systemhinling kontor	7d	14/08/13	22/08/13	13d	3.72					
66	3.8.3	Lukking systemhinling	6d	03/09/13	10/09/13	0 ...	3.83					

