

Effektivisering av prosjekteringsprosessen

Med implementering av BIM, Lean
Construction og VDC

Trine Lene Austrøne Olsen

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Olav Torp, BAT

Medveileder: Inge Handagard, AF Gruppen

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



Oppgavens tittel: Effektivisering av prosjekteringsprosessen -Med implementering av BIM, Lean og VDC	Dato: 10.06.2015		
	Antall sider (inkl. bilag): 165		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Trine Lene Austrøne Olsen			
Faglærer/veileder: Olav Torp – Førstemanuensis v/ Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU			
Ekstern faglig kontakte/veileder: Inge Handagard, AF Gruppen Bygg Oslo			

Ekstrakt:

Bruk av forbedringsprosesser som bygningsinformasjonsmodellering (BIM), Lean Construction og Virtual Design and Construction (VDC) er under utvikling i byggebransjen. BIM som verktøy kan ikke utgjøre de forbedringene som er nødvendige alene, men ved å implementere det med Lean og VDC kan man effektivisere prosjekteringsprosessen.

Formålet med masteroppgaven er å vurdere muligheten for og få en mer effektiv prosjekteringsprosess med å implementere BIM, Lean og VDC. Det er gjennomført litteraturstudie, spørreundersøkelse, og casestudie for å kunne besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene i oppgaven. Casestudiet omfatter et prosjekt i AF Gruppen Bygg Oslo og empirisk data er inneholdt gjennom intervju, deltakelse i BIM-møte og dokumentstudier.

VDC er en metodikk og rammeverk utviklet av Center of Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University i USA i 2001. I prosjektformen VDC benyttes det virtuelle hjelpemidler, metoder og verktøy for å effektivisere prosjektarbeidet og redusere unødvendig arbeid. VDC består av de fire hovedelementene prosessstyring, målinger, BIM og ICE-møte. VDC har likhetstrekk med Lean Construction, hvor fokuset er på å øke verdien, eliminere sløsing og effektivisere prosjekt. Lean Construction har sin opprinnelse fra produksjonsfilosofien til selskapet Toyota på 1950-tallet i Japan, og ble presentert for byggebransjen av Lauri Koskela i 1992.

En effektiv bruk av BIM er knyttet opp mot Lean Construction og VDC. Både Lean og VDC praktiserer en tidlig involvering av aktører, noe som legger til rette for en god utnyttelse av BIM-modellen. Lean og VDC benytter BIM-modellen for å skape en samarbeidsplattform og en integrert prosjekteringsgruppe. Integrerte prosjekteringsgrupper har god informasjonsdeling og kunnskapsoverføring, og følger et godt samarbeid.

Det er utfordringer med å implementere en ny gjennomføringsmodell for prosjekteringsprosessen grunnet den konservative kulturen i byggebransjen og mange personers motvilje til forandring. En vellykket implementering av en modell for prosjekteringsprosessen med BIM, Lean og VDC kan resultere i god kommunikasjon, et forbedret samarbeid og en effektivisert prosjekteringsprosess.

Stikkord:

1. Bygningsinformasjonsmodellering (BIM)
2. Lean Construction
3. Virtual Design and Construction (VDC)
4. Prosjekteringsprosess

Trine Lene Austrøne Olsen

FORORD

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, våren 2015. Arbeidet er utført ved Institutt for bygg, anlegg og transport.

Oppgaven er utført i samarbeid med AF Gruppen Bygg Oslo. AF Gruppen har som mål for prosjekteringsprosessen at prosjekteringen skal være ferdig i det råbygget står oppe, og dette stiller krav til en effektiv prosjekteringsprosess. I den sammenheng har oppgaven sett på mulighetene for å effektivisere prosjekteringsprosessen med bruk av Bygningsinformasjonsmodellering (BIM), Lean Construction og Virtual Design and Construction (VDC).

En stor takk til AF Gruppen Bygg Oslo for samarbeidet og deltakelse i casestudiet. En spesiell takk til min veileder i AF Gruppen Inge Handagard for hjelp med å finne en relevant case, samt dyktige intervjuobjekter og deltakere til spørreundersøkelsen. Jeg vil også takke alle som har deltatt på intervju og spørreundersøkelsen i forbindelse med oppgaven.

Avslutningsvis rettes en stor takk til veilederen min Olav Torp ved NTNU for god veiledning, nyttige innspill og konstruktive tilbakemeldinger.

Trondheim, 10.06.2015



Trine Lene Austrøne Olsen

SAMMENDRAG

Bruk av forbedringsprosesser som bygningsinformasjonsmodellering (BIM), Lean Construction og Virtual Design and Construction (VDC) er under utvikling i byggebransjen. BIM som verktøy kan ikke utgjøre de forbedringene som er nødvendige alene, men ved å kombinere det med Lean og VDC kan man effektivisere prosjekt. Prosjektformen VDC ble utviklet med formål å skape en tids- og kostnadseffektiv prosjektering. VDC har likhetstrekk med Lean Construction, da begge fokuserer på å øke verdien, eliminere sløsing og effektivisere prosjekt.

Hensikten med rapporten er å se på mulighetene for å optimalisere bruken av BIM, samt effektivisere prosjekteringsprosessen med å implementere VDC og Lean Construction. I denne sammenheng er det utført et casestudie av prosjektet Sørenga byggetrinn 7 og 8 i AF Gruppen, Bygg Oslo.

Opgaven er et resultat av et samarbeid med AF Gruppen Bygg Oslo, og den avgrenses til å se på et såkalt BIM-prosjekt med totalentreprise. Problemstillingen til oppgaven fokuserer på hvordan en implementering av BIM, Lean og VDC kan bidra til en mer effektiv prosjekteringsprosess. Denne problemstillingen støtter AF Gruppens mål for prosjekteringsprosessen om at prosjekteringen skal være ferdig i det råbygget står oppe, da dette stiller krav til en effektiv prosjekteringsprosess.

Det er gjennomført et omfattende litteraturstudie for å samle inn data til teoridelen, og tilegne undertegnede med tilstrekkelig kunnskap om de ulike temaområdene. For å samle inn empirisk data er en spørreundersøkelse og et casestudie gjennomført. I forbindelse med casestudiet er det gjennomført semi-strukturerte intervju, dokumentstudier og deltakelse i BIM-møte for å innhente empirisk data. I tillegg ble en modell for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC utviklet og presentert til deltakerne i studien.

Lean og BIM er to separate initiativ og er ikke avhengige av hverandre, men det er nødvendig å implementere dem samtidig for å optimalisere prosjektgjennomføringen. BIM og Lean fokuserer på å forbedre informasjonshåndtering, forbedre samarbeidet, visualisere byggeprosessen og fokuserer på kontinuerlig forbedring. Lean fokuserer på tidlig involvering av aktører for å kunne utnytte kunnskapene deltakerne besitter.

I prosjektformen VDC benyttes det virtuelle hjelpemidler, metoder og verktøy for å effektivisere prosjektarbeidet og redusere unødvendig arbeid. VDC består følgelig av de fire hovedelementene prosessstyring, målinger, BIM og Integrated Concurrent Engineering (ICE)-møte. Sentralt i VDC står samlokalisert prosjektering, som bidrar til en optimalisering av BIM-modelleringen i prosjektet. En implementering av VDC krever altså at prosjekteringsgruppen bruker en interaktiv arbeidsplass der alle deltakerne kan jobbe sammen.

ICE-møtene er basert på samlokalisert prosjektering som fremmer kommunikasjon, nyskapende designløsninger, og skaper en effektiv beslutningsprosess. BIM-modellen og A3-rapporten er verktøy som kan anvendes ved samlokalisert prosjektering hvor samarbeid står i fokus. Verktøyene forbedrer kommunikasjonen og informasjonsutveksling i prosjekteringsprosessen.

En effektiv bruk av BIM er knyttet opp mot Lean Construction og VDC. Både Lean og VDC praktiserer en tidlig involvering av aktører, noe som legger til rette for en god utnyttelse av BIM-modellen. Lean og VDC benytter BIM-modellen for å skape en samarbeidsplattform og en integrert prosjekteringsgruppe. Integrerte prosjekteringsgrupper har god informasjonsdeling og kunnskapsoverføring, og følgelig et godt samarbeid.

Casestudiet omfatter Sørenga byggetrinn 7 og 8, et totalentrepriseprojekt. Den empiriske dataen innsamlet fra casestudiet er presentert i resultatkapittelet. Resultatene fra spørreundersøkelsen, intervjuene og BIM-møtet er strukturert etter tema. Kvaliteten og troverdigheten til resultatene vurderes som god, selv om det er mulig å øke validiteten til resultatene ved å gjennomføre flere intervju og ha flere deltakere til spørreundersøkelsen.

Funn fra casestudiet viser at det er et forbedringspotensial når det gjelder bruken av BIM-modellen. I tillegg er det forbedringspotensial i fremdriftsplanleggingen og prosjekteringsprosessen generelt. Intervjuobjektene tanker om en modell for prosjekteringsprosessen med BIM, Lean og VDC, samt mulighetene for en implementering presenteres. I det påfølgende kapittelet analyseres og drøftes forskningsspørsmålene med bakgrunn i oppgavens teoriplattform og de empiriske data.

Avslutningsvis i rapporten presenteres det en konklusjon med utgangspunkt i drøftingen, og oppgavens teori og empiri. Først presenteres noen av kravene som stilles til en prosjekteringsgruppe, hvor det er begrenset til å fokusere på de ekstra kravene til gruppen i prosjekt som benytter BIM. Krav som stilles til prosjekteringsgruppen i prosjekt som benytter BIM er blant annet krav om god kommunikasjon, krav om tilstrekkelig kompetanse på programvaren og krav om å utfylle de nye roller som skapes som et resultat av BIM. Deretter gis det en kort beskrivelse av hvordan prosjekteringsprosessen i Lean Construction gjennomføres med Last Planner System (LPS). I LPS samarbeider de relevante deltakerne om å utarbeide pålitelige planer, med fokus på å lære av erfaringer. Videre presenteres fordelene med integrert prosjektering som både Lean og VDC praktiserer. Funn tyder på at en integrert prosjektering resulterer i et bedre samarbeid. Ved å ha en integrert prosjekteringsgruppe kan informasjonsutvekslingen, kunnskapsoverføringen og engasjementet til deltakerne bli bedre. Prosjekteringsgruppen kan ta beslutninger tidligere og dette kan følgelig redusere sjansen for endringer og ekstra kostnader. Fordelene med å implementere BIM og Lean presenteres, hvor det konkluderes med at ved å implementere BIM og Lean kan man forbedre en tradisjonell prosjekteringsprosess. Deretter forklares det hvordan VDC påvirker bruken av BIM. VDC kan hjelpe med å få en mer helhetlig implementering av BIM, og da VDC fokuserer på en tidlig involvering av aktører bidrar det til å optimalisere bruken av BIM. Til slutt gis det en avsluttende konklusjon på hvordan en prosjekteringsprosess kan bli mer effektiv med bruk av BIM, Lean og VDC.

Det er utfordringer med å implementere en ny gjennomføringsmodell for prosjekteringsprosessen grunnet den konservative kulturen i byggebransjen og mange personers motvilje til forandring. Hvis en modell for en prosjekteringsprosess implementeres i AF Gruppen, kan de forbedre kommunikasjonen, få et bedre samarbeid, redusere sløsing, øke verdien og de kan få en mer effektiv prosjekteringsprosess.

EXECUTIVE SUMMARY

The use of improvement processes as Building Information Modeling (BIM), Lean Construction and Virtual Design and Construction (VDC) is under development in the construction industry. The BIM tool alone cannot make the improvements that are necessary in the construction industry, but by combining it with Lean and VDC, it can create more efficient projects. VDC was developed with the aim to create a time- and cost-effective design. VDC has similarities with Lean Construction, where both focus on increasing value, eliminating waste and creating efficient projects.

The purpose of this report is to examine the possibilities for optimizing the use of BIM, and making the design process more efficient by implementing VDC and Lean Construction. In this context there has been completed a case study on the project Sørenga building step 7 and 8 in AF Gruppen, Bygg Oslo.

This report is a result of a collaboration with AF Bygg Oslo, and it is limited to look at a so-called BIM project with turnkey. The problem formulation focuses on how an implementation of BIM, Lean and VDC can contribute to a more efficient design process. This problem formulation supports AF Gruppens goals for the design phase; that the design will be completed within the completion of the structural work phase, which sets requirements for an effective design process.

An extensive literature review is conducted to collect data for the theoretical part, where the main aim was to acquire sufficient knowledge about the various thematic areas. A case study with semi-structured interviews, surveys, document studies and participation in a BIM meeting is conducted to collect empirical data. In addition, a model for the design process with BIM, Lean and VDC is developed and presented to the participants in the study.

Lean and BIM are two separate initiatives and are not interdependent, but it is necessary to implement them simultaneously to optimize the execution of the project. BIM and Lean focuses on improving the collaboration and information-sharing, visualizing the construction process and focuses on continuous improvement. Lean focuses on early involvement of stakeholders in order to exploit the knowledge the participants possess.

In VDC virtual tools and methods are used to make the project more efficient. VDC consequently consists of the four main elements; process, measurements, BIM and Integrated Concurrent Engineering (ICE)- meetings. One of the main focuses in VDC is collocated design, which contributes to an optimization of BIM modelling in projects. Therefore, an implementation of VDC requires that the design team use an interactive workplace where all participants can work together.

The ICE-meetings are based on the collocated design that promotes communication, innovative design solutions, and creates an effective decision-making process. The BIM model and the A3 report are tools that can be used in the collocated design process where they focus on collaboration. These tools improve the communication and information sharing in the design process.

An effective use of BIM is linked to Lean Construction and VDC. Both Lean and VDC practice an early involvement of stakeholders, which facilitates an efficient utilization of the BIM model. Lean and VDC uses the BIM model to create a platform for collaboration and an integrated design team. Integrated design teams are known for good information sharing and transmission of knowledge, and consequently good collaboration.

The case study includes Sørenga building step 7 and 8. The empirical data collected from the case study is presented in the result-chapter. The results from the survey, the interviews and

the BIM meeting are presented by theme. The quality and credibility of the results are considered to be valid, although it would be possible to increase the validity by having additional participants for the interviews and survey.

The results from the case study conclude that there is room for improvement considering the use of BIM. In addition, there is potential for improvement in the progress planning and in the design process in general. The interviewees' thoughts of a model with BIM, Lean and VDC, and the possibilities for an implementation are further presented. In the following chapter the research questions are analysed and discussed based on the theory platform and the empirical data.

Finally, this report presents the conclusion on the basis of the discussion, and the theory and empirical data presented. Firstly some of the demands placed on the design team in BIM projects are presented. The requirements for a well functional design team are good communication, adequate expertise and requirements to complement new roles created as a result of BIM. Further, the chapter provides a brief description of how the design phase of Lean Construction is carried out with the Last Planner System (LPS). In LPS the relevant participants collaborate to make reliable plans by focusing on learning from experiences. This report also presents the advantages of integrated design that both Lean and VDC practice. Results suggest that an integrated design process results in better collaboration. By having an integrated design team the information sharing, the transmission of knowledge and the commitment of the participants improve. The design team can make decisions earlier and this can consequently reduce the chance of changes and extra costs. Benefits of implementing Lean in BIM project are presented, which concludes that implementing BIM and Lean can improve a traditional design process. Thereafter the chapter explains how VDC affects the use of BIM. VDC can help to achieve a more comprehensive implementation of BIM and VDC, and since VDC focuses on an early involvement of stakeholders it helps to optimize the use of BIM. Lastly, there is given a final conclusion on how a design process can be more efficient with the use of BIM, Lean and VDC.

There are challenges with implementing a new model for the design process due to the conservative culture in the construction industry and the reluctance to change. If a model for the design process is implemented in AF Gruppen they can improve the communication, achieve a better collaboration, reduce waste, increase value and get a more efficient design process.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	i
SAMMENDRAG	iii
EXECUTIVE SUMMARY	v
INNHALDSFORTEGNELSE	vii
FIGURLISTE	ix
TABELLISTE	xi
FORKORTELSER	xiii
1 INTRODUKSJON	1
1.1 Innledning	1
1.2 Bakgrunn for valg av oppgave	2
1.3 Mål for masteroppgaven	2
1.4 Forskningsspørsmål	2
1.5 Omfang og avgrensninger	2
1.6 Masteroppgavens utforming	3
1.7 Deklarasjon	4
2 METODE	5
2.1 Forskningsmetode	5
2.1.1 Kvantitativ metode	5
2.1.2 Kvalitativ metode	5
2.2 Forskningsstrategi	6
2.3 Anvendt metode	7
2.3.1 Valg av forskningsmetode og forskningsstrategi	7
2.3.2 Beskrivelse av fremgangsmåten for arbeidet med masteroppgaven	8
2.3.3 Litteraturstudie	9
2.3.4 Casestudie	12
2.3.5 Utvikling av modell	12
2.3.6 Intervju	12
2.3.7 Observasjon av BIM-møte	14
2.3.8 Spørreundersøkelse	14
2.4 Oppgavens troverdighet	15
2.4.1 Troverdigheten til teoridelen	15
2.4.2 Troverdigheten til den empiriske data	15
2.4.3 Troverdigheten til analysedelen	16
3 PROSJEKTERINGSPROSESSEN	17
1.1 Tradisjonell prosjektering	17
1.1.1 Tradisjonell planleggingsprosess	18
1.1.1 Tradisjonell prosjekteringsledelse	18
1.2 Integrrert prosjektering	21
1.2.1 Integrrert prosjektering vs. Tradisjonell prosjektering	22
4 PROSJEKTERINGSPROSESS I LEAN CONSTRUCTION	23
4.1 Generelt om Lean Construction	23
4.2 Prosjekteringsprosessen i Lean Construction	24
4.2.1 Lean Project Delivery System (LPDS)	24
4.3 Last Planner System (LPS) i Lean Design	25
4.3.1 Pull-Planning	30
4.3.2 Måle prosent planlagt utført (PPU) i prosjekteringsprosessen	32
4.3.3 Årsak- virkningssanalyse til ikke-utførte oppgaver	33
4.3.4 A3- rapport som et beslutningsverktøy i prosjekteringsprosessen	34

5	BYGNINGSINFORMASJONSMODELLERING	37
5.1	Hva er BIM?	37
5.2	Introduksjon til BIM	38
5.3	Hva er et BIM-prosjekt?	39
5.4	Bruksområder til BIM	40
5.5	Fordeler med bruk av BIM	43
5.6	Påvirkning på prosjekteringsprosessen	45
5.6.1	Prosjekteringsledelsen i BIM-prosjekt	46
5.6.2	Nye roller og ansvarsområder som følge av BIM	47
6	VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION	49
6.1	Introduksjon til VDC	49
6.1.1	Prosesstyring - planlegging og kontroll av prosess	50
6.1.2	BIM i VDC	51
6.1.3	ICE-møter	52
6.1.4	Målinger	58
7	PROSJEKTERINGSPROSESS MED BIM, LEAN OG VDC	59
7.1	Synergier mellom BIM og Lean	59
7.2	Implementering av BIM og Lean	61
7.2.1	Tidlig involvering av alle aktører	61
7.2.2	Samlokalisering og samarbeid	62
7.3	Fordeler med å implementere VDC i prosjekteringsprosessen	63
7.4	Implementering av BIM, Lean og VDC i prosjekteringsprosessen	64
8	RESULTATER	67
8.1	Generelt om AF-Gruppen	67
8.1.1	AF Bygg Oslo	67
8.2	BIM-prosjekt i AF Gruppen	68
8.2.1	Generelt om BIM-prosjekt i AF	68
8.2.2	Bruk av 4D-analyser i BIM	69
8.2.3	Pilotprosjekt	71
8.3	Casestudie: Sørenga Byggetrinn 7 og 8	72
8.3.1	Gjennomføring av prosjekteringsprosessen for Sørenga Bt. 7 og 8	73
8.3.2	Bruk av BIM i prosjekteringsprosessen	78
8.3.3	BIM-møte	82
8.3.4	Utfordringer med bruk av BIM	87
8.4	Mulighetene for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC	90
8.4.1	Mulighetene ved bruken av BIM	90
8.4.2	Prosjekteringsprosessen i Lean og VDC	92
9	ANALYSE OG DRØFTING	97
9.1	Prosjekteringsprosessen i AF Gruppen	97
9.1.1	Prosjekteringsprosessen i BIM-prosjekt i AF	97
9.1.2	Bruk av BIM i prosjekteringsprosessen	98
9.2	Mulighetene for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC i AF Gruppen	101
9.2.1	Muligheter ved bruken av BIM	101
9.2.2	Prosjekteringsprosessen i Lean Construction	101
9.2.3	Implementering av BIM og Lean	102
9.2.4	Implementering av VDC i prosjekteringsprosessen	103
9.2.5	Modell for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC	104
10	KONKLUSJON	109
10.1	Vurdering av eget arbeid	111
10.2	Videre arbeid	112
	REFERANSELISTE	113
11	VEDLEGG	I

FIGURLISTE

Figur 1: Oppgavens struktur.....	3
Figur 2: Anvendt forskningsmetode og -strategi.....	8
Figur 3: Søkestrategi og -teknikk.....	10
Figur 4: Utvalget til spørreundersøkelsen.....	14
Figur 5 : Innhold i prosjektering.....	17
Figur 6: Prosjekteringslederfunksjonens ulike ledelselement.....	19
Figur 7: McLeamy kurven- Effekten av ulike typer prosjektering.....	21
Figur 8: The Lean Project Delivery System.....	25
Figur 9: The Last Planner System.....	26
Figur 10: Syv forutsetninger for en sunn aktivitet.....	27
Figur 11: Plannivå i LPS.....	28
Figur 12: Pull-Planning og informasjon på Post-it lapp.....	30
Figur 13: Eksempel på milepæler.....	31
Figur 14: Ukentlig arbeidsplan.....	32
Figur 15: Oversikt over typisk årsaksanalyse.....	33
Figur 16: Eksempel på mal til A3-rapport.....	35
Figur 17: BIM-modell.....	37
Figur 18: Åpen BIM.....	38
Figur 19: Kommunikasjonen og informasjonsutvekslingen i BIM-prosjekter vs. tradisjonelle prosjekter.....	39
Figur 20: Utvikling av BIM-modell og dens hovedbruksområde.....	41
Figur 21: Bruksområder til åpen BIM.....	43
Figur 22: BIM's påvirkning på prosjekteringsprosessen, Bedre-Forenklet-Raskere prosess... ..	45
Figur 23: VDC er både en implementering av tekniske verktøy og en metodikk.....	49
Figur 24: De fire hovedelementene i VDC.....	50
Figur 25: POP-modellen i VDC.....	50
Figur 26: Hav av inventar.....	60
Figur 27: Tverrfaglig samarbeid i iRoom.....	62
Figur 28: Parallelliteten til ulike typer prosjektgjennomføringer.....	64
Figur 29: AF Gruppens organisasjonsoversikt.....	67
Figur 30: Resultat spørreundersøkelse: Det er enklere å jobb med en 3D-modell enn en 2D- tegning.....	68
Figur 31: Resultat spørreundersøkelse: BIM har stor verdi for utarbeidelse av fremdriftsplanen.....	70
Figur 32: Sørenga.....	72

Figur 33: Situasjonsplan over Sørenga Bt. 7 og 8.....	73
Figur 34: Sørenga bt. 7 og 8.....	74
Figur 35: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen hjelper med prosjekteringsunderlaget	78
Figur 36: Resultat spørreundersøkelse: Bruk av BIM-modellen	79
Figur 37: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellens visuelle effekt.....	80
Figur 38: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen som hjelpemiddel for koordinering av fag.....	81
Figur 39: BIM-modellen er synlig for alle i møtet på et Whiteboard	83
Figur 40: Avstand mellom elementer og kollisjonskonflikt mellom ARK-RIB	84
Figur 41: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen hjelper med å forbedre kommunikasjon	85
Figur 42: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen hjelper med å redusere tidsbruken	86
Figur 43: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen hjelper med å løse tekniske utfordringer.....	86
Figur 44: Resultat spørreundersøkelse: Ansvar for utvikling av BIM-modellen.....	87
Figur 45: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen forbedrer det tverrfaglige samarbeidet	89
Figur 46: Resultat spørreundersøkelse: Bedre utnyttelse av BIM i prosjekt.....	91
Figur 47: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellens verdi for informasjonsutvekslingen blant deltakerne i prosjekteringsgruppen	91
Figur 48: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen er et godt hjelpemiddel for å ta beslutninger	94
Figur 49: Resultat spørreundersøkelse: Effektiv prosjekteringsprosess med felles prosjekteringsmøter	95
Figur 51: De fire hovedelementene i VDC	XI
Figur 52: Noen av bruksområdene til BIM	XII
Figur 53: iRoom skaper et tverrfaglig samarbeid.....	XIII
Figur 54: Syv forutsetninger for en sunn aktivitet	XIV
Figur 55: Plannivå i LPS	XV
Figur 56: Post-it lapper i "pull-planning"	XV
Figur 57: Utarbeidelse av plan med "pull-planning"-teknikk	XV

TABELLISTE

Tabell 1: Kvantitativ vs. Kvalitativ metode	5
Tabell 2: Forskningsstrategien benyttet til de ulike forskningsspørsmålene	7
Tabell 3: Evaluering av kildene	11
Tabell 4: Utvalg av informanter	13
Tabell 5: PGL's lederfunksjoner	20
Tabell 6: Integrrert prosjektering vs. tradisjonell prosjektering	22
Tabell 7: Fordeler med 4D-BIM	42
Tabell 8: Påvirkning på prosjekteringsledelsen i BIM-prosjekt.....	46
Tabell 9: Gjennomføring av ICE-møte	53
Tabell 10: Ramme for ICE-møtet.....	54
Tabell 11: Gjennomføring av oppstartsmøte.....	56
Tabell 12: Faktorer som muliggjør effektiv ICE.....	58
Tabell 13: Bruksområder til BIM i AF Gruppen.....	68
Tabell 14: Koordinering i prosjekteringsprosessen.....	76
Tabell 15: Gangen i BIM-møtet	82
Tabell 16: Implementering av en modell for prosjekteringsprosessen med BIM, Lean og VDC	108
Tabell 17: Gjennomføring av ICE-møte	XII

FORKORTELSER

AL – Anleggsleder

ARK – Arkitekt

BA – Bygg og anlegg

BAE – Bygg, anlegg og eiendom

BIM – Bygnings Informasjons modell/ modellering

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

BT – Byggetrinn

CAD – Computer-aided design

CIFE – Center of Integrated Facility Engineering

CPM – Critical Path Method

HMS – Helse, miljø og sikkerhet

ICE – Integrated Concurrent Engineering

IDM – Information Delivery Manual =(prosessleveranse beskrivelser)

IFC – Industry Foundation Classes =(utvekslingsformat for datamodeller)

IFD – International Framework for Dictionaries =(dataordbok for terminologi)

IGLC – International Group of Lean Construction

IPD – Integrated Project Delivery

LARK – Landskapsarkitekt

LCI – Lean Construction Institute

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

LPDS – Lean Project Delivery System

LPS – Last Planner System

NSD – Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS

PGL – Prosjekteringsleder

PL – Prosjektleder

POP – Produkt-Organisasjons-Prosess

PPC/PPU –Percent Plan Complete/ Prosent Planlagt Utført

QTO – Quantity Take Off

RIA – Rådgivende ingeniør akustikk

RIB – Rådgivende ingeniør byggeteknikk

RIBr – Rådgivende ingeniør brann

RIE – Rådgivende ingeniør elektro

RIV – Rådgivende ingeniør VVS

UE – Underentreprenør

VDC – Virtual Design and Construction

VVS – Varme-, ventilasjon- og sanitærteknikk

WBS – Work Breakdown Structure

ÅpenBIM – BIM på åpent format

2D – Konstruksjonen er representert med 2D-tegninger

3D – Konstruksjonen er representert i en 3D-modell

4D – Fremdriftsplanlegging, der fremdrift er kombinert med 3D-modellen

5D – Kostnadsanalyse hvor både fremdrift og kostnader er kombinert med 3D-modellen

1 INTRODUKSJON

Dette kapittelet gir en innledning til masteroppgaven. Videre er bakgrunn for valg av oppgave samt formålet med masteroppgaven presentert. Problemstillingen og forskningsspørsmålene er presentert, med omfanget og avgrensningene til oppgaven. Til slutt er utformingen av oppgaven illustrert og beskrevet.

1.1 Innledning

Prosjekt har blitt definert som midlertidige produksjonssystemer (Koskela & Ballard, 2006). Et 'Lean prosjekt' er per definisjon disse systemene når de er strukturert for å levere et produkt som maksimerer verdien og minimerer avfall. Lean Construction har følgelig som mål å eliminere sløsing av aktiviteter og skape verdi for kunden. Lean filosofi ble presentert for byggebransjen i 1992 av Lauri Koskela (Koskela, 1992). Helt siden den gang har Lean Construction vært under utvikling i byggebransjen.

Grunnlaget for verdiskapning skapes i prosjekteringsprosessen, da gjennomgang av designet blir mer komplisert og kostbart, samt motstanden mot endring blir større jo lenger ut man kommer i prosjektet (Forbes & Ahmed, 2011). Denne erkjennelsen har resultert i et økt fokus på prosjekteringsprosessen de siste årene. Som et resultat, har Lean Design Management blitt utviklet. Denne metodikken fremmer implementeringen av Lean produksjonsfilosofi i prosjekteringsprosessen.

Bruk av en bygningsinformasjonsmodell (BIM) er under utvikling i byggebransjen. BIM kan benyttes som en prosjekterings- og prosjektplattform, samt et teknisk verktøy. For å oppnå en tids- og kostnadseffektiv prosjektering er Virtual Design and Construction (VDC) blitt utviklet av Center of Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford Universitet (Khanzode et al., 2006). VDC er både implementering av nye tekniske verktøy som BIM og en metodikk. VDC er basert på Lean filosofi, med fokus på hvordan man kan øke verdien i et prosjekt og effektivisere det samtidig som man eliminerer sløsing. Tidlig i prosjekteringsprosessen blir interessenter som eier, bruker, arkitekt, ingeniører, og entreprenøren invitert til et oppstartsmøte. I møtet blir VDC modellen presentert og avklart for prosjektet. Dette gjør det mulig for prosjekteringsgruppen å få en felles visjon om behov og verdier tidlig i prosjekteringsprosessen og det skaper et bedre samarbeid mellom deltakerne. Som en del av VDC gjennomføres samhandlede Integrated Concurrent Engineering (ICE) møter. I ICE-møtene deltar alle relevante aktører og sitter samlokalisert i et iRoom og prosjekterer (Rekola et al., 2010). Denne møteformen involverer prosjekteringsgruppen og alle aktørene er tilgjengelige for informasjonsutveksling. ICE-møtene åpner for raskere avklaringer og beslutninger og kan hjelpe med å redusere tregghet i prosjekteringen (Chacehere et al., 2004). Lean Construction og VDC er tett koblet opp mot integrert prosjektering, og BIM-modellen er et viktig hjelpemiddel som støtter denne måten å prosjektere på (Westgaard et al., 2010). En integrert prosjekteringsgruppe består av ulike aktører som har et godt samarbeid og dette legger til rette for informasjonshåndtering- og deling (Moud, 2013). Prosessen vedrørende bygningsdesign blir stadig mer komplisert, noe som stiller krav til kompetanse fra ulike spesialister i prosjekteringsprosessen (Krygiel & Nies, 2008). Dette resulterer i at det er et økende behov for integrerte prosjekteringsgrupper som kan dele kunnskap på tvers av fag.

1.2 Bakgrunn for valg av oppgave

Som en del av mastergraden min på NTNU var jeg på utveksling i San Diego hvor jeg tok noen kurs som fokuserte på Lean Construction. Her tilegnet jeg meg ny kunnskap om fordelene og mulighetene som ligger i å implementere Lean Construction og BIM tidlig i prosjekteringsprosessen. Dette var bakgrunnen for at jeg fikk interesse i metoder og verktøy som kan effektivisere byggebransjen.

Prosjektoppgaven min handlet om hvordan man kan øke verdien i byggeprosjekt med fokus på prosjekteringsprosessen. Her ble mulighetene for å skape verdi med å implementere arbeidsmetodikk fra Lean Construction og VDC vurdert. I oppgaven studerte jeg hvordan Veidekke Entreprenør AS har implementert elementer fra Lean Construction og VDC i prosjekteringsprosessen i BIM-prosjektene sine.

Masteroppgaven utvikles i samarbeid med AF Gruppen Bygg Oslo, som også vil bli min arbeidsgiver etter endt studie. Temaet for oppgaven ble valgt i samarbeid med veilederen min i AF Gruppen. Videre la jeg føringer for at oppgaven skulle fokusere på Lean Construction og VDC. Motivasjonen bak oppgaven er å undersøke hvordan man kan effektivisere prosjekteringsprosessen i et såkalt BIM-prosjekt i AF Gruppen ved å implementere Lean og VDC.

1.3 Mål for masteroppgaven

Oppgavens formål er å vurdere mulighetene for en mer effektiv prosjekteringsprosess med å implementere BIM, Lean og VDC. Delmålet er å identifisere hvordan prosjekteringsprosessen gjennomføres i det som kan klassifiseres som et BIM-prosjekt i AF Gruppen i dag.

Problemstilling

Hvordan kan en implementering av BIM, Lean og VDC bidra til en mer effektiv prosjekteringsprosess?

1.4 Forskningsspørsmål

Med bakgrunn i problemstillingen for denne oppgaven er det utarbeidet seks forskningsspørsmål som oppgaven skal forsøke å besvare.

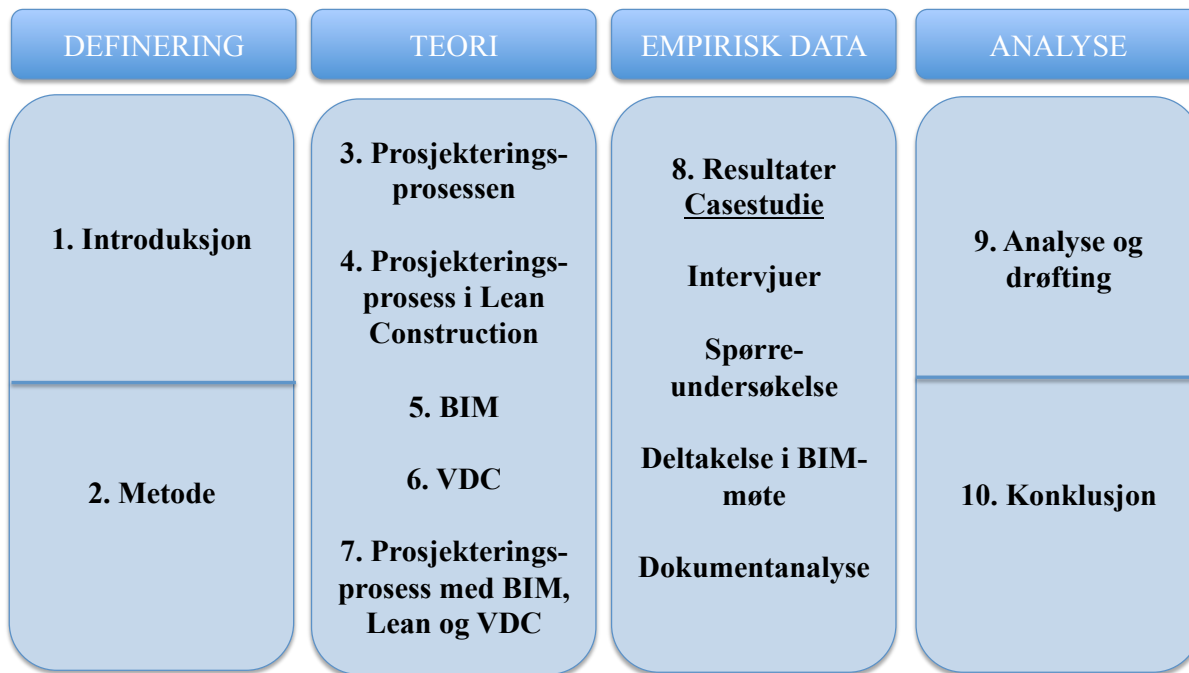
1. *Hvilke krav stilles til en prosjekteringsgruppe?*
2. *Hvordan gjennomføres prosjekteringsprosessen i Lean Construction?*
3. *Hvilke fordeler har integrert prosjektering?*
4. *Hva er fordelene med å implementere Lean i prosjekt som benytter en BIM-modell?*
5. *Hvordan påvirker VDC bruken av BIM?*
6. *Hvordan kan prosjekteringsprosessen bli mer effektiv med bruk av VDC og Lean?*

1.5 Omfang og avgrensninger

Masteroppgaven er skrevet våren 2015 ved Norges teknisk- naturvitenskaplige universitet (NTNU), ved instituttet for bygg, anlegg og transport. Omfanget av oppgaven er 30 studiepoeng og den gjennomføres i løpet av 20 uker. Det ligger begrensninger i forskningsmetodene grunnet tidsperspektivet til oppgaven. Det er nødvendig å begrense antall casestudier og intervju for å få et håndterbart omfang og for å kunne gjøre et dybdestudie. Det første forskningsspørsmålet er begrenset til å fokusere på ekstra krav som stilles til en prosjekteringsgruppe i prosjekt som bruker BIM. I oppgaven betegnes et prosjekt som benytter BIM som et BIM-prosjekt, selv om denne definisjonen ikke er entydig.

1.6 Masteroppgavens utforming

I dette delkapittelet er masteroppgavens utforming presentert. I Figur 1 illustreres oppgavens struktur, og videre gis det en kort oppsummering av innholdet i hvert kapittel.



Figur 1: Oppgavens struktur

Kapittel 1- Introduksjon

Dette kapittelet gir en beskrivelse av bakgrunnen, målet og problemformuleringen for oppgaven. Videre blir studiens formål og forskningsspørsmål presentert. Til slutt gjøres det rede for oppgavens omfang og avgrensninger.

Kapittel 2- Metode

Metodekapittelet er inkludert i oppgaven for å dokumentere hvordan arbeidet med rapporten er gjennomført. Først er ulike forskningsmetoder og forskningsstrategier presentert. Deretter er det gitt en begrunnelse for valg av metode og en beskrivelse av disse. Til slutt vurderes oppgavens troverdighet.

Kapittel 3- Prosjekteringsprosessen

Dette er det første av fem teorikapittel som danner teoriplattformen for denne oppgaven. Det første kapittelet tar for seg prosjekteringsprosessen generelt, tradisjonell prosjektering og integrert prosjektering. Dette er ikke det viktigste teorigrunnlaget for denne oppgaven, men er inkludert for å holde en rød tråd i oppgaven og for å kunne se forskjellene på de ulike prosjekteringsprosessene.

Kapittel 4- Prosjekteringsprosess i Lean Construction

Dette kapittelet presenterer først generell teori om Lean Construction, og deretter teori om prosjekteringsledelse og gjennomføring av prosjekteringsprosessen i Lean Construction.

Kapittel 5- Bygningsinformasjonsmodellering (BIM)

Dette kapittelet gir en introduksjon til BIM, belyser bruksområder og fordeler BIM har, samt tar for seg hvordan dette påvirker prosjekteringsgruppen.

Kapittel 6- Virtual Design and Construction

I dette kapitlet presenteres teori om prosjektførem VDC. De fire hovedelementene i VDC som er BIM, målinger, prosessstyring og ICE beskrives.

Kapittel 7- Prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC

Det siste teorikapitlet omhandler en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC. Fordeler og muligheter for en implementering av både BIM, Lean og VDC i prosjekteringsprosessen presentert.

Kapittel 8- Resultater Casestudie

Resultatkapitlet fremstiller resultatene fra casestudiet. Her presenteres informasjon om prosjekteringsprosessen i et BIM-prosjekt i AF Gruppen fra deltakernes perspektiv. Denne informasjonen er samlet inn gjennom intervju, spørreundersøkelse, deltakelse i BIM-møte og dokumentstudier. Til slutt er deltakernes meninger og holdninger til en gjennomføringsmodell med BIM, Lean og VDC presentert.

Kapittel 9- Analyse og drøfting

Her drøftes og besvares forskningsspørsmålene på bakgrunn av informasjon fremskaffet i teorikapitlene og resultatene fra casestudiet. Muligheten for en implementering av Lean og VDC i prosjekteringsprosessen i et BIM-prosjekt i AF Gruppen drøftes og analyseres. Videre presenteres en modell som er utviklet for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC. Avslutningsvis gis det en fremstilling på hvordan en slik modell kan implementeres.

Kapittel 10- Konklusjon

Avslutningsvis presenteres konklusjonen basert på den aktuelle teorien og den empiriske dataen innsamlet i casestudiet. Konklusjonen forsøker å svare på problemstillingen og som rammeverk er det tatt utgangspunkt i forskningsspørsmålene. Det redegjøres for hvordan arbeidet kan videreføres, samt en vurdering av eget arbeid presenteres.

Referanseliste

Alle referansene benyttet i oppgaven er listet i referanselisten.

Vedlegg

Vedlagt følger relevante vedlegg som intervjuguidene, spørreundersøkelsen, informasjonsskriv om masteroppgaven, A3-rapport, meldeskjema, kollisjonsrapport, modell for prosjekteringsprosessen og et dokument med ekstra informasjon om denne modellen.

1.7 Deklarasjon

Innholdet i resultatkapitlet, kapitlet med analyse og drøfting, og konklusjonen er basert på undertegnede tolkninger av funn gjort i casestudiet og teori. Funnene av empirisk data er gjort gjennom intervjuene, spørreundersøkelsen, dokumentstudiet og deltakelse i BIM-møte. Det gjøres oppmerksom på at det kan være feiltolkninger relatert til disse funnene og at disse ikke nødvendigvis representerer AF Gruppens holdninger og meninger, og dermed kan ikke deltakerne som har vært med i studien stilles ansvarlig for innholdet i oppgaven

2 METODE

Metodekapittelet er inkludert i masteroppgaven for å dokumentere hvordan arbeidet med rapporten er gjennomført. Først er ulike forskningsmetoder og forskningsstrategier presentert. Deretter er det gitt en begrunnelse for valg av metode og en beskrivelse av disse. Til slutt er oppgavens troverdighet vurdert.

2.1 Forskningsmetode

En metode er fremgangsmåte for å nå et mål eller tilegne seg ny kunnskap, og alle midler som tjener dette formålet er en del av arsenalet av metoder (Dalland, 2007). Det er to grunnleggende tilnærminger til forskning, kvantitativ og kvalitativ tilnærming (Samset, 2014). Disse er grunnleggende ulike med tanke på hvordan informasjon man innhenter, tilnærming til kilden og resultatene man får.

2.1.1 Kvantitativ metode

Den kvantitative tilnærmingen til forskning har som mål å undersøke en hypotese ved å gjøre tester, samle og undersøke disse dataene (Holme & Solvang, 1997). Dataene er statistiske, numeriske, beregningsorientert eller matematiske. Metoden anvendes derfor hovedsakelig når det er behov for å undersøke en hypotese.

2.1.2 Kvalitativ metode

Kvalitativ tilnærming til forskning er en metode der det ikke er behov for data fra undersøkelser eller hypoteser (Holme & Solvang, 1997). I denne metoden er forskningen gjennomført for å undersøke en teori, en idé eller en case. Den kvalitative tilnærmingen undersøker og analyserer data fra direkte observasjoner, intervju og dokumenter fra litteraturstudier. Denne metoden er en intervju-basert forskningsmetode som kan gjennomføres ved hjelp av intervju, spørreundersøkelser eller ved å gjennomføre en casestudie.

Kvalitativ forskning skal hjelpe forskeren å forstå hvordan og hvorfor ting skjer som de gjør (Cooper & Schindler, 2008). I motsetning til kvantitativ forskning som har som mål å gi en presis måling på noe, altså tallfestet forskning. Samset (2014) tydeliggjør denne forskjellen i Tabell 1.

Kvantitativ metode	Kvalitativ metode
Tallbasert informasjon	Tekstlig informasjon
Få opplysninger om mange undersøkelsesenheter	Mange opplysninger om få undersøkelsesenheter
Stor grad av etterprøvnbarhet	Etterprøvnbarhet er ofte problematisk
Stor vekt på presisjon	Stor vekt på relevans
Generalisering og samsvar som mål	Helhetsforståelse som mål
Nødvendig for å dokumentere og skaffe bevis	Nødvendig for å tolke og drøfte resultater

Tabell 1: Kvantitativ vs. Kvalitativ metode (Samset, 2014)

2.2 Forskningsstrategi

Forskningsstrategier er ulike måter å samle og analysere empiriske data på. Det finnes i hovedsak fem ulike forskningsstrategier (Yin, 1994):

- Eksperiment
- **Spørreundersøkelse**
- **Analyse av historiske dokumenter**
- Historie
- **Casestudie**

Forskningsstrategien som omfatter eksperiment benyttes når forskeren kan manipulere resultatene, direkte og systematisk (Yin, 1994). Disse eksperimentene gjennomføres ofte i laboratorier med en eller flere isolerte variabler. Spørreundersøkelser gjennomføres når målet er å beskrive forekomsten eller utbredelsen av et fenomen, eventuelt når man ønsker kvantitativ informasjon i form av meningsmålinger. Analyse av historiske dokumenter er å foretrekke hvis man ønsker å undersøke konsekvensene av en hendelse som har vært. Historie er en forskningsstrategi som kan anvendes når det er lite tilgang på førstehåndskilder. I denne forskningsstrategien analyseres historiske dokumenter og kulturelle og historiske gjenstander. Et casestudie kan derimot benyttes når man ønsker å undersøke hendelser som er knyttet til nåtiden. Forskningsstrategien i casestudie baserer seg på observasjoner og intervju.

I utarbeidelsen av denne masteroppgaven er forskningsstrategier som spørreundersøkelse, analyse av historiske dokumenter i form av litteraturstudie og et casestudie benyttet. Forskningsstrategiene eksperiment og historie er ikke hensiktsmessig å benytte for og besvare forskningsspørsmålene i dette prosjektet. Tabell 2 fremstiller hvilke forskningsstrategier som er brukt for å besvare forskningsspørsmålene.

Forskningsspørsmål	Metode/Forskningsstrategi	Kommentar
1. Hvilke krav stilles til en prosjekteringsgruppe?	Litteraturstudie, Casestudie, Spørreundersøkelse	Intervju med 5 objekter, spørreundersøkelse, deltakelse i BIM-møte, dokumentanalyse og litteraturstudie
2. Hvordan gjennomføres prosjekteringsprosessen i Lean Construction?	Litteraturstudie	Bare hensiktsmessig med litteraturstudie siden de ikke benytter metoder og verktøy fra Lean Construction i dette prosjektet
3. Hvilke fordeler har integrert prosjektering?	Litteraturstudie, Casestudie	Finne teori om integrert prosjektering, samt fordeler med det kontra tradisjonell prosjektering. Undersøke hva intervju kandidatene tenker om integrert prosjektering, og hvilke fordeler de tror det kan ha
4. Hva er fordelene med å implementere Lean i prosjekt som benytter en BIM-modell?	Litteraturstudie, Casestudie, Spørreundersøkelse	Finne teori på fordeler med å implementere Lean og BIM. Fordelene med å implementere Lean kan vurderes av intervjuobjektene og deltakerne

		i spørreundersøkelsen med utgangspunkt i modellen som er utarbeidet, se vedlegg D
5. <i>Hvordan påvirker VDC bruken av BIM?</i>	Litteraturstudie, Casestudie, Spørreundersøkelse	Fremskaffe teori gjennom litteraturstudie. Deltakelsen i BIM-møte kan benyttes for å se på mulighetene for å påvirke bruken av BIM. I tillegg kan deltakerne i intervjuene og spørreundersøkelsen hjelpe med å vurdere mulige påvirkninger med utgangspunkt i modellen
6. <i>Hvordan kan prosjekteringsprosessen bli mer effektiv med bruk av VDC og Lean?</i>	Litteraturstudie, Casestudie, Spørreundersøkelse	Fremskaffe teori gjennom litteraturstudie. En slik prosjekteringsprosess kan vurderes av deltakerne i intervjuene og spørreundersøkelsen.

Tabell 2: Forskningsstrategien benyttet til de ulike forskningsspørsmålene

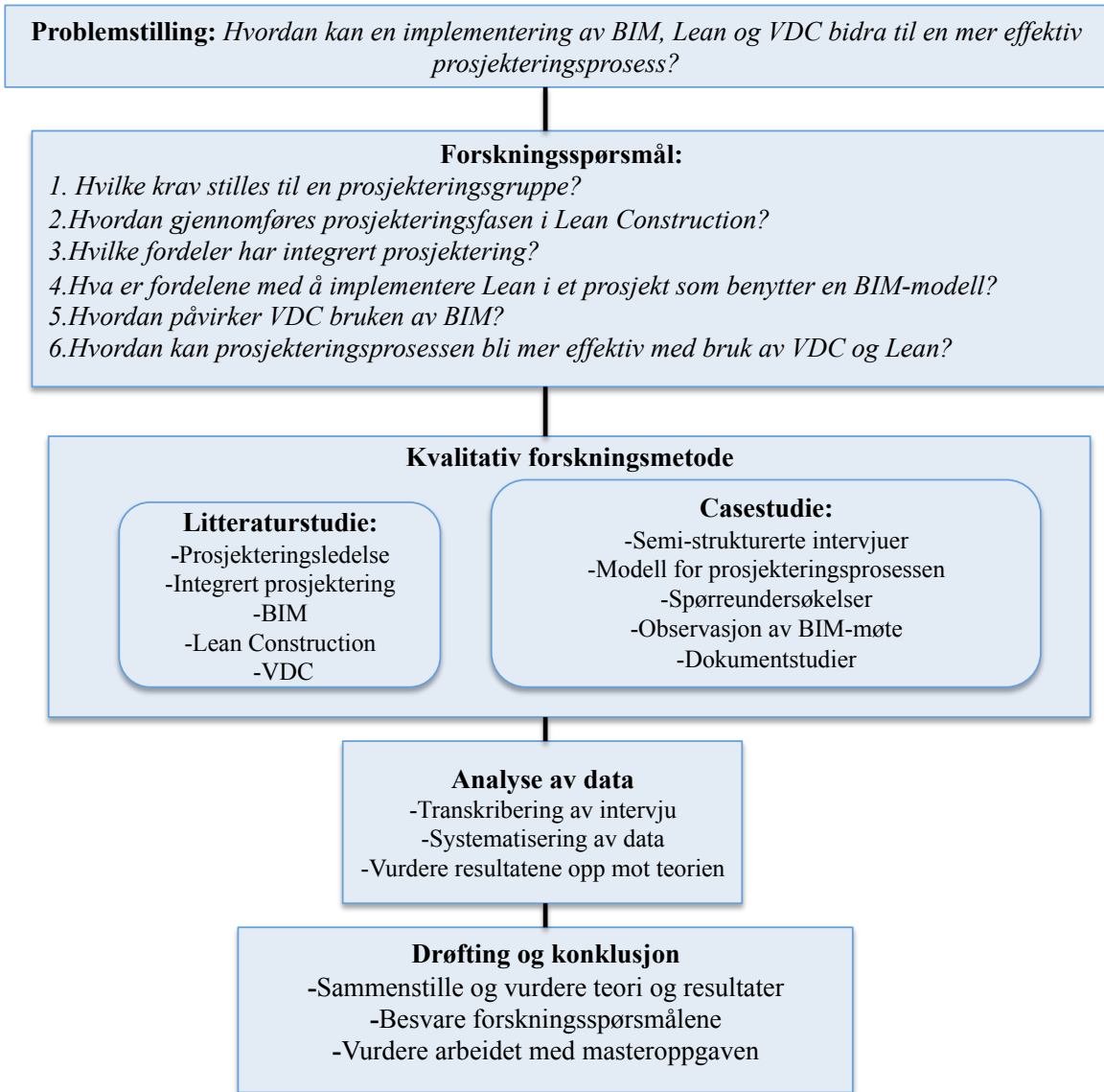
2.3 Anvendt metode

I dette delkapittelet er valgt forskningsmetode og forskningsstrategi presentert. Det gis en beskrivelse av fremgangsmåten for arbeidet med masteroppgaven, samt en beskrivelse av de valgte metodene.

2.3.1 Valg av forskningsmetode og forskningsstrategi

Det ble vurdert hvilke metoder og strategier som var mest hensiktsmessig for å besvare forskningsspørsmålene og problemstillingen for denne oppgaven, se Tabell 2. I dette prosjektet er det ikke behov for rådata fra undersøkelser eller hypoteser for å besvare forskningsspørsmålene. For å besvare forskningsspørsmålene kan ulike teorier undersøkes og dermed er den kvalitative tilnærmingen til forskning brukt. Denne tilnærmingen er fremstilt i Figur 2.

Det er gjennomført litteraturstudie som grunnlag for teoridelen til oppgaven. Forskningsstrategien er her analyse av historiske dokumenter. Litteraturstudiet er gjennomført i den innledende fasen av prosjektet. Videre er det gjennomført et casestudie, hvor hovedmengden av den empiriske data er innsamlet gjennom intervju med nøkkelpersonell fra prosjekteringsgruppen i dette prosjektet og AF Gruppen. I tillegg er det gjennomført en spørreundersøkelse med deltakere som har hatt eller har en sentral rolle i prosjekteringsprosessen i BIM-prosjekt i AF. For å besvare rapportens problemstilling er det valgt ut ett bestemt prosjekt som case for rapporten, Sørenga byggetrinn 7 og 8. Det er derfor utført flere undersøkelser av dette prosjektet for å få pålitelig data og kartlegge mulighetene for en effektivisering av prosjekteringsprosessen ved hjelp av BIM, Lean og VDC.



Figur 2: Anvendt forskningsmetode og -strategi

2.3.2 Beskrivelse av fremgangsmåten for arbeidet med masteroppgaven

I tidlig startfase av arbeidet med masteroppgaven ble tema valgt og et forslag til problemstilling ble utarbeidet. Denne problemstillingen ble brukt som et utgangspunkt for utarbeidelse av forskningsspørsmålene og litteraturstudiet. Casestudiet ble valgt ved hjelp av veileder i AF, hvor han hjalp med å finne et prosjektet som var passende for oppgaven. Problemstillingen ble omformulert og spesifisert etter endt litteraturstudie og gjennom samtaler med veiledere. Intervjuguiden og spørreundersøkelsen ble delvis laget underveis, men ferdigstilt etter endt litteraturstudie. Spørsmålene er laget basert på teorien som er fremskaffet. Etter gjennomføringen av intervjuene og spørreundersøkelsen ble resultatene behandlet og fremstilt på en oversiktlig måte slik at de kunne benyttes i drøftingen. Nedenfor er en oversikt over fremgangsmåten for arbeidet med masteroppgaven presentert punktvis:

- Valg av tema for masteroppgaven
- Lage forslag til problemstilling
- Utarbeide forskningsspørsmål
- Gjennomføre litteraturstudiet

- Finne casestudie
- Utarbeidelse av intervjuguide
- Utarbeidelse av spørreundersøkelse
- Søke NSD om tillatelse
- Omformulere problemstillingen
- Lage forslag til modell for prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC
- Gjennomføre intervju
- Delta på BIM-møte
- Gjennomføre spørreundersøkelse
- Behandle resultater fra intervju og spørreundersøkelse
- Lage fremstilling av resultatene
- Endre og forbedre modellen for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC
- Drøfte og analysere resultatene

Det er søkt til NSD om tillatelse for å gjennomføre intervju og spørreundersøkelse. NSD er Personvernombudet for forskning, Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS (NSD, 2015). Dette ble gjort gjennom nettsiden deres hvor det ble opprettet et meldeskjema som ble sendt inn til NSD, for kvittering meldeskjema se vedlegg G. En veiledende mal for informasjonsskriv fra NSD er fylt ut og sendt til alle deltakerne i casestudiet. Informasjonsskrivet gir en kort beskrivelse av oppgaven med problemstilling og mål for masteroppgaven, se vedlegg F. Skrivet inneholder informasjon om hva deltakelse i studien innebærer og hva som skjer med informasjonen som blir innhentet fra deltakerne. Til slutt i skrivet gir deltakerne samtykke til deltakelse i studien.

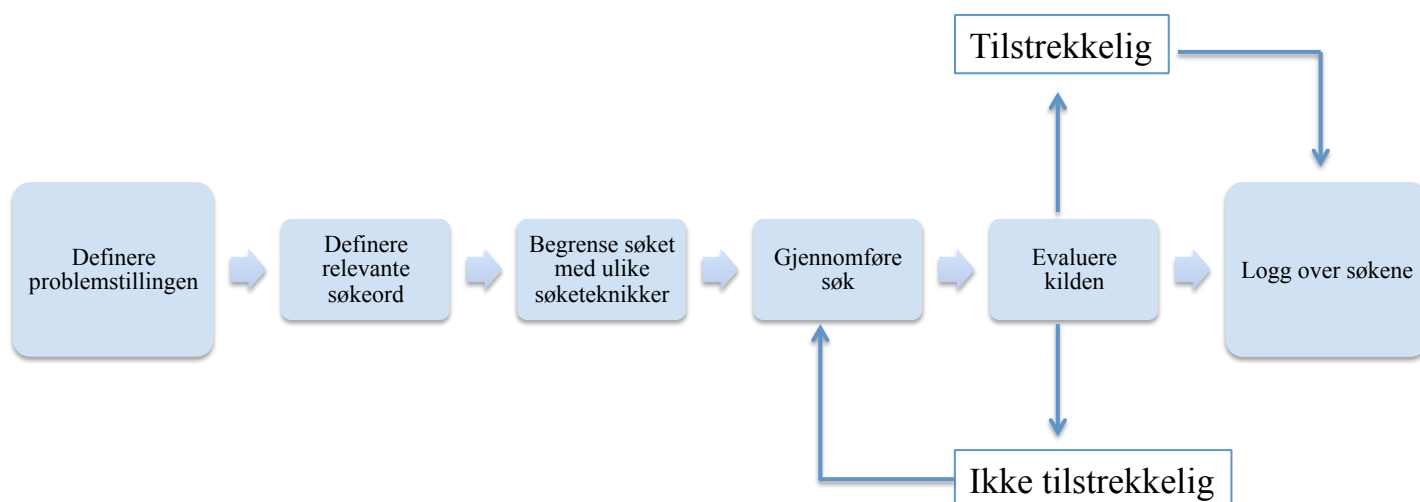
2.3.3 Litteraturstudie

Et viktig grunnlag for oppgaven er utarbeidelse av en teoretisk plattform (Holme & Solvang, 1998). I forbindelse med denne masteroppgaven er det gjennomført et omfattende litteratursøk med et påfølgende litteraturstudie for å skape en teoretisk plattform for å besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene. Litteraturstudien er gjennomført for å få nok kunnskap om de konseptene og metodene som er relevant for oppgaven. Litteraturstudiet fokuserer på metoder som kan benyttes i prosjekteringsprosessen.

Søkestrategi og –teknikk

Tilgangen til internettsystemet på universitetsbiblioteket er i hovedsak benyttet for å søke etter litteratur. Det ble søkt etter bøker, rapporter, oppgaver, artikler, avhandlinger og kjente undersøkelser på metoder innen Lean Construction og VDC som kan implementeres i prosjekteringsprosessen.

Litteratursøket er gjennomført med søkestrategien illustrert i Figur 3. Før litteratursøket startet ble problemstillingen definert og med utgangspunkt i denne ble relevante nøkkelord brukt for å søke etter litteratur. Litteratursøket er begrenset ved hjelp av de ulike søkefunksjonene og kombinerte søk for at søket skal være tilpasset temaet. For hvert nøkkelord ble søkene gjennomført i forsknings- og biblioteksdatabasene, og hvis søket ikke ga tilstrekkelige resultater ble søket endret og deretter ble et nytt søk utført. Denne prosessen ble gjentatt helt til litteraturen ble vurdert til å ha god kvalitet. En logg over søkene ble ført for å ha kontroll over søkehistorikken. Dette gjorde det også enkelt å gå tilbake og se på kildene om ønskelig.



Figur 3: Søkestrategi og -teknikk

Databaser

Databaser som BIBSYS Ask og Compendex ble i utgangspunktet brukt, og hvis ønskelig litteratur ikke ble funnet her ble databaser som Google Scholar, Iconda og Scopus tatt i bruk. Når det ble gjennomført søk i databasene ble informasjonen på hvor mange ganger litteraturen er sitert vurdert.

Evaluering av litteratur

Ved evaluering av litteratur er reliabiliteten og validiteten til kildene viktige egenskaper som må vurderes. Validitet benyttes i forskningssammenheng for å karakterisere informasjonens godhet og reliabilitet for å beskrive hvorvidt informasjonen er pålitelig (Samset, 2008). I følge Cooper & Schindler (2008) kan validiteten beskrives som et mål på om en test måler det som ønskes å måles, det vil si gyldigheten av undersøkelsen. Reliabiliteten kan beskrives som nøyaktigheten og presisjonen til en slik måleprosedyre, altså hvor pålitelig den er (Cooper & Schindler, 2008).

I evalueringsprosessen av litteratur i denne oppgaven er litteraturen sortert basert på relevans. Først ble litteraturen som er sitert flest ganger vurdert. Litteraturen er vurdert basert på VIKO's retningslinjer for kildekritikk (VIKO, 2010). I evalueringsprosessen er kildenes troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet vurdert, slik som fremstilt i Tabell 3. Litteraturen er evaluert basert på forfatteren, utgiver, år for utgivelse, for hvem den er publisert og hvorfor den er publisert.

Vurdere kildenes:	Se etter:	Finn ut følgende:
Troverdighet	Om kilden har en kunnskapsrik og anerkjent forfatter Om det er gjort kvalitetskontroll	<ul style="list-style-type: none"> • Er forfatterens kvalifikasjoner, som f.eks. utdanning, stilling og posisjon oppgitt? • Er forfatteren anerkjent og betraktet som kunnskapsrik på fagfeltet? • Har forfatteren tilknytning til en respektert institusjon/organisasjon? • Er utgiveren anerkjent? • Dersom kilden finnes på Internett, hvem eier nettstedet der kilden er lagt ut?

<p>Objektivitet</p>	<p>Om kilden er objektiv og balansert</p> <p>Om det er fravær av interessekonflikter</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Er dekningen objektiv eller partisk? • Er informasjonen balansert eller ensidig? • Er informasjonen i samsvar eller i konflikt med informasjon som er kjent fra før? Virker informasjonen overdrevet? • Er publikasjonens hovedhensikt å informere? Er informasjonen omfattende, og blir alle sider av saken berørt? • Er forfatterens hensikt å overtale, overbevise eller selge noe? Påvirker det innholdet i en spesiell retning? • Finnes det interessekonflikter? Har enkeltpersoner eller (kommersielle) organisasjoner med tilknytning til kilden interesse av at informasjonen presenteres på en spesiell måte?
<p>Nøyaktighet</p>	<p>Om kilden er oppdatert</p> <p>Om kilden er omfattende, detaljert og eksakt</p> <p>Om kilden har dokumentasjon og støtte i andre kilder</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Når ble kilden publisert og sist revidert? • Er informasjonen oppdatert eller utdatert? • Består informasjonen av fakta eller meningsytringer? • Er informasjonen omfattende, detaljert og eksakt? • Er argumentasjonen saklig og konsistent? • Har publikasjonen en referanseliste eller bibliografi som viser at forfatteren har forsket på emnet? • Oppgir forfatteren kilden til statistikk eller “fakta” som er brukt? • Kan informasjonen bekreftes i minst to andre kilder?
<p>Egnethet</p>	<p>Om kilden er relevant for informasjonsbehovet</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hvilket emneområde dekker kilden? • Er emneområdet relevant for ditt informasjonsbehov? • Er dette en vitenskapelig publikasjon beregnet på akademikere eller andre som er kunnskapsrike på fagfeltet? • Er dette en kilde skrevet for folk uten spesiell kunnskap om fagområdet?

Tabell 3: Evaluering av kildene, basert på VIKO (2010)

2.3.4 Casestudie

Den empiriske informasjonen i et casestudie kan samles inn fra ulike kilder som (Yin, 1994):

- **Dokumentasjon**
- Arkivopplysninger
- **Intervju**
- **Direkte observasjon/ måling**
- **Deltagende observasjoner**
- Fysiske gjenstander

I denne oppgaven er det valgt å utføre et dybdestudie på ett prosjekt i AF Gruppen for å besvare forskningsspørsmålene og problemstillingen. Yin (1994) presiserer at det skal anvendes flere kilder ved innhenting av data til et casestudie. Dette for å underbygge dataen samlet inn fra de andre kildene og øke påliteligheten til de empiriske dataene. For å samle inn empirisk data til casestudiet i denne oppgaven er derfor fire ulike kilder benyttet, disse er henholdsvis dokumentasjon i form av kollisjonsrapporter, semi-strukturerte intervju, spørreundersøkelse og direkte observasjon. Intervju er gjennomført med deltakere i prosjekteringsgruppen for det gjeldende prosjektet. Det er gjort direkte observasjoner i et BIM-møte holdt i dette prosjektet. Dokumentasjon i form av kollisjonsrapporter som benyttes i gjennomføringen av BIM-møtet er brukt for å få informasjon om BIM til casestudiet. Dokumentene blir her anvendt for å underbygge informasjon hentet fra BIM-møtet. I tillegg er det gjennomført en spørreundersøkelse for deltakere i prosjekteringsgruppen og andre ansatte i AF som har deltatt i BIM-prosjekt for å ha flere kilder til den empiriske data.

2.3.5 Utvikling av modell

Casestudiet omhandler BIM-prosjekt i AF Gruppen og oppgaven ser på mulighetene for en gjennomføringsmodell som kan effektivisere prosjekteringsprosessen. I denne sammenheng ble det utviklet en modell for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC som et forslag til implementering av en slik prosess i AF Gruppen. Modellen ble sendt ut til intervjukandidatene i forkant av intervjuene sammen med et informasjonsskriv, se vedlegg D og E. Modellen benyttes som grunnlag for del 2 av intervjuet, hvor det stilles spørsmål som omhandler en slik prosess. Målet med dette er å kartlegge mulighetene for en endring i prosjekteringsprosessen, samt studere den generelle holdningen til en implementering. Modellen er laget i et A3-format for å enkelt fremstille hovedfokuset i en slik prosess. Et forslag til en modell kan muligens gjøre det enklere å få mer direkte meninger om en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC som kan benyttes i resultatkapittelet.

2.3.6 Intervju

Intervju er en av de viktigste kildene for å samle inn informasjon til et casestudie (Yin, 1994). Den mest vektlagte kilden for datainnsamling i denne oppgaven er derfor intervju. Det ble valgt å gjennomføre intervjuene som semi-strukturerte intervju, da dette gir rom for en åpen samtale med avsporinger innenfor fastsatte rammer. Disse rammene ble fastsatt gjennom en intervjuguide som ble utarbeidet etter at mesteparten av litteraturstudiet var gjennomført. Utarbeidelsen av intervjuguiden var en kontinuerlig prosess, og den ble laget basert på relevante teorikapitler. Førsteutkastet av intervjuguiden inneholdt mange spørsmål, som ble kortet ned trinnvis etter evaluering av hvilke spørsmål som var mest hensiktsmessige. Spørsmålene ble tilpasset informantene, følgelig ble det utarbeidet en intervjuguide til intervjuobjektene som er med i prosjekteringsgruppen i casestudiet: Sørenga Bt 7 og 8, en

intervjuguide tilpasset intervjuet med den rådgivende ingeniøren og en intervjuguide for intervju om BIM-prosjekt generelt i AF Gruppen. Disse intervjuguidene er tatt med i oppgaven som vedlegg A-C.

Målet var at intervjuene skulle være av ”åpen” natur, og spørsmålene ble formet på en slik måte at intervjuobjektets meninger, innsikt og forståelse skulle komme frem. Dette fører til at intervjuobjektene opptrer som informanter istedenfor respondenter. I forkant av intervjuene ble det sendt ut en e-post med modellen, informasjonsskriv og intervjuguiden til intervjuobjektene, hvor de fikk en kort presentasjon av bakgrunnen for masteroppgaven og problemstillingen. Dette ble gjort for å sikre at intervjuobjektene hadde mulighet til å forberede seg, samt skape felles forståelse om prosjektet.

Valget av intervjuobjekter påvirker resultatet av casestudiet. De aktuelle intervjuobjektene ble valgt ut i samarbeid med veileder i AF Gruppen. Det ble utført intervju med deltakere som har elementære roller i prosjekteringsprosessen, som innehar stor kunnskap om hvordan prosjekteringsprosessen blir gjennomført og har kunnskap om bruken av BIM. Intervjuobjektene var til stor hjelp i prosessen med å samle inn pålitelig og oppdatert informasjon om prosjekteringsprosessen. Utvalget av informanter er vist i Tabell 4.

I prosessen for å gjøre prosjektresultatet troverdig er det viktig å være kritisk ved innsamling av data, og det er viktig å være klar over dette ved gjennomføring av intervju. For at innsamlingen av data skal ha validitet, må dataene være relevant for problemstillingen. For å forsikre at dataene er relevant og egnet er spørsmålene til intervjuguiden spesifikk og relatert til forskningsspørsmålene. Et utvalg av spørsmålene i intervjuguiden er presentert nedenfor:

- I hvor stor grad benytter dere BIM modellen?
- Hvordan gjennomfører dere prosjekteringsprosessen?
- Hvilke verktøy eller metoder benytter dere i prosjekteringsprosessen?
- Hvordan blir planene utformet og blir de fulgt opp?
- Hvordan tror du muligheten er for å effektivisere prosjekteringsledelsen med en implementering av Lean og VDC?

Samtalene ble tatt opp med godkjennelse fra intervjuobjektene. Dette gjorde det mulig å transkribere intervjuene i etterkant slik at de kunne analyseres nærmere. Opptak av intervjuene bidro også til at samtalen fikk mer flyt da intervjuer kunne fokusere på samtalen fremfor å fokusere på og notere. På grunn av begrenset tid og ressurser ble det gjennomført fem intervju, se Tabell 4. Hvis enda flere intervju ble gjennomført ville graden av pålitelighet økt.

Rolle i prosjektet	Funksjon intervjuobjekt	Case/Prosjekt	Firma
Entreprenør	Prosjekteringsleder	Sørenga Bt. 7 og 8	AF Gruppen
Entreprenør	Prosjekteringsleder	Sørenga Bt. 7 og 8	AF Gruppen
Entreprenør	Prosjekteringsleder	Generelt om AF	AF Gruppen
Entreprenør	BIM-koordinator	Sørenga Bt.7 og 8, Generelt om AF	AF Gruppen
Rådgivende ingeniør VVS	Rådgivende ingeniør ventilasjon og rør	Sørenga Bt.7 og 8	Rambøll

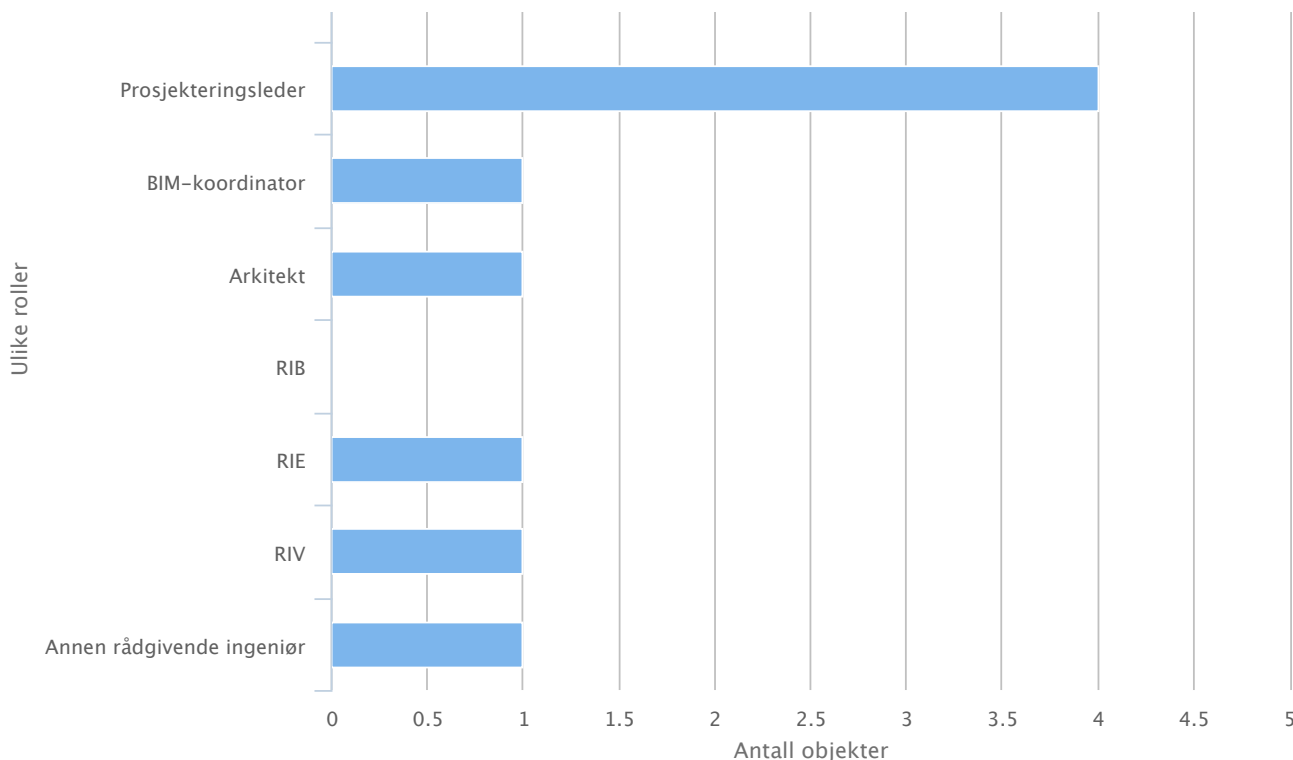
Tabell 4: Utvalg av informanter

2.3.7 Observasjon av BIM-møte

Som en del av den kvalitative tilnærmingen ble det gjort direkte observasjon av et BIM-møte i Casestudiet. Observasjon av BIM-møte bidrar til å samle inn mer informasjon, samt underbygge informasjonen fra de andre kildene. Følgelig er denne observasjonen gjort for å øke oppgavens troverdighet. Dataen fra møtet ble undersøkt og analysert, samt dokumentert med kollisjonsrapporten fra møtet 18.03.2015 (vedlegg J). I BIM-møtet deltok prosjekteringsleder (PGL), BIM-koordinator, ARK, RIB, RIV og RIE.

2.3.8 Spørreundersøkelse

En spørreundersøkelse er gjennomført for å innhente empirisk data. Spørreundersøkelser gjør det mulig for deltakerne å gi ærlige tilbakemeldinger da svarene er anonyme, og dette hjelper å øke reliabiliteten til resultatet. Spørreundersøkelsen ble først utarbeidet i et vanlig word-dokument og kvalitetssikret av veileder. Videre ble det opprettet en web-basert spørreundersøkelse på FreeOnlineSurveys.com for å enklere samle informasjon fra deltakerne. Datainnsamlingen ble brukt til å lage en fremstillingen av resultatene i diagrammer. Ved hjelp av freeonlinesurveys.com og deres tjenester ble spørreundersøkelsen sendt ut elektronisk på mail med en link til undersøkelsen til deltakere som har deltatt i prosjekteringsprosesser i BIM-prosjekt i AF. Veileder i AF og prosjekteringsleder hjalp med å finne et relevant utvalg på 15 kandidater som kunne benyttes i undersøkelsen. Spørreundersøkelsen ble sendt ut 13.04.2015 etter at prosjekteringsleder i AF hadde informert deltakerne i casestudiet om oppgaven. Figur 4 viser de 10 deltakerne i utvalget som responderte på undersøkelsen. Svarprosenten på spørreundersøkelsen var følgelig på 66.7%. Spørreundersøkelsen er enkelt utformet med totalt 17 spørsmål, og den er ikke tidkrevende og besvare, se vedlegg H. Etter at datainnsamlingen var avsluttet ble resultatene eksportert til oversiktlige rapporter i form av grafer og dataene ble fremstilt og analysert i resultatkapittelet.



Figur 4: Utvalget til spørreundersøkelsen

2.4 Oppgavens troverdighet

Oppgavens troverdighet er vurdert basert på metodene presentert. I tillegg er ulike feilkilder som kan ha påvirkning på oppgaven presentert.

2.4.1 Troverdigheten til teoridelen

Et litteraturstudie er gjennomført for å danne det teoretiske grunnlaget for denne masteroppgaven. Litteraturstudiet hjalp med å kartlegge hvor langt forskning har kommet på det området oppgaven tar for seg. Det er benyttet litteratur fra bøker, rapporter, forskningsartikler og avhandlinger. VIKO (2010) sine retningslinjer for kildekritikk er brukt i evalueringsprosessen, og det er lagt vekt på kildenes troverdighet basert på forfatter, utgiver og database. For å danne den teoretiske plattformen til oppgaven er et stort kildegrunnlag anvendt, følgelig øker validiteten til oppgaven (Yin, 1994). Store deler av litteraturen som er benyttet er internasjonal, og dermed er ikke alt helt i samsvar med den norske bygge- og anleggsbransjen. For å sikre validiteten til teorien er det derfor forsøkt å knytte den internasjonale litteraturen opp mot norsk litteratur. Det er mulig å etterprøve kildene ved hjelp av referanselisten, og dermed kan litteraturens reliabilitet vurderes som god. De mest brukte kildene i teoridelen samsvarer med hverandre, og dette underbygger vurderingen om at den teoretiske plattformen har en god troverdighet.

Feilkilder

For litteratur som er funnet gjennom internett er det alltid en risiko med tanke på feilkilder. Mange av kildene i denne oppgaven bygger på hverandre, og dette kan være problematisk da det kan gi en ensidig fremstilling. I tillegg er det enkelte forfattere som preger litteraturen innenfor hovedtema til oppgaven, noe som også kan føre til en ensidig fremstilling. På grunn av nødvendigheten for avgrensning av oppgaven er enkelte kilder utelatt, og følgelig kan det finnes relevante teorier som ikke er avdekket.

2.4.2 Troverdigheten til den empiriske data

For å samle inn empiriske data er det i dette prosjektet gjennomført et casestudie. Data er innsamlet gjennom semi-strukturerte intervju, spørreundersøkelser og med direkte observasjon av et BIM-møte.

Prosjektet som oppgaven tar utgangspunkt i har totalentreprise som gjennomføringsmodell. Dette er den mest brukte entrepriseformen blant AF Gruppens prosjekter og gir derfor et godt bilde på hvordan et prosjekt gjennomføres. Den utvalgte casen anses som veldig relevant for oppgaven, og med god troverdighet. Det såkalte BIM-prosjektet gir et godt bilde på hvordan arbeidet med BIM er gjennomført i prosjekteringsprosessen i AF. Reliabiliteten til casestudiet vurderes som god da gjennomføringen som er gjort med vurderinger og analyser er gjort i samsvar med god praksis. Det påpekes at deler av litteraturen til casestudie er dokumenter unntatt offentligheten og dermed er ikke all informasjonen sporbar.

Intervjuene er gjennomført med relevant nøkkelpersonell og dataene kan vurderes å ha god validitet. For å forbedre påliteligheten og forhindre ensidige svar ble også et medlem fra et rådgivende firma intervjuet. Intervjuguiden er utarbeidet for å samle inn relevant data for oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Spørsmålene er av åpen natur, slik at intervjuobjektet selv kan styre besvarelsen i ønsket retning. Til tross for dette, er spørsmålene konkrete slik at intervjuobjektet ikke ledes inn på irrelevante veier. Dette fører til at troverdigheten til oppgaven øker. Intervjuene gjorde det mulig å sammenligne teoriene

fremskaffet gjennom litteraturstudiet med profesjonell erfaring fra næringslivet. I tillegg var det interessant å få informasjon fra personell med ”on-hand” erfaring på hvordan prosjekteringsprosessen gjennomføres.

Spørreundersøkelsen ble sendt ut til prosjekteringsgruppen i det aktuelle prosjektet, samt de deltakere i AF som har erfaring med BIM. Det var 10 av 15 deltakere i utvalget som svarte på undersøkelsen, og dette gav en besvarelsesprosent på 66,7 %. Da utvalget var begrenset og ikke alle besvarte undersøkelsen vurderes den til å ha middels troverdighet. Spørsmålene og svaralternativene kan tolkes ulikt av deltakerne, selv om det er lagt opp til et enkelt brukersnitt, og dette kan medføre naturlig variasjon. Avslutningsvis oppsummeres resultatenes troverdighet som god da casestudiet har tjent oppgaven med pålitelig informasjon som gjør det mulig å besvare forskningsspørsmålene og problemstillingen.

Feilkilder

Prosjektet brukt i casestudiet er et internt prosjekt hvor AF benytter BIM. Ved å bruke caser fra flere ulike firma i bransjen kunne en sikret en bedre ytre validitet enn det som er tilfelle for oppgaven. Feilkilder for direkte observasjoner som her er BIM-møte, kan være at observatøren må være selektiv og kan gå glipp av fakta. I tillegg kan observatørens tilstedeværelse føre til en endring.

En av feilkildene til informasjonen innhentet fra intervjuene er at de fleste informantene er ansatt i samme firma. Man kan miste verdifull informasjon ved å kun intervju personer med samme bakgrunn, da dette kan føre til at man får ensidige svar. En annen feilkilde er at det kan være vanskelig å etterprøve intervjuene da disse tar for seg noen subjektive meninger. Andre mulige feilkilder ved intervju er ensidige spørsmål og svar, samt at intervjuobjektet uttrykker det intervjueren ønsker å høre.

Feilkildene for spørreundersøkelsen gjelder et lavt antall deltakere. Undersøkelsen er lukket med en avgrenset målgruppe, noe som kan skape utfordringer sammenlignet med om utvalget er representativt og stort. Den statistiske feilmarginen blir mindre jo større utvalget er. Andre feilkilder som kan være gjeldende for intervju og spørreundersøkelser er misforståelser, ulike oppfatninger av begrep og språkproblemer. Disse feilkildene er forsøkt forhindret ved utformingen av intervjuguiden, samt ved opptak og transkribering av intervjuene. Spørsmålene i spørreundersøkelsen er også forsøkt utformet på en enkel og klar måte for å unngå potensielle misforståelser.

2.4.3 Troverdigheten til analysedelen

Kapitlene med drøfting og konklusjon er utarbeidet ved å sammenligne teoridelen med resultatene fra casestudiet. Drøftingen er forsøkt gjort med et objektivt standpunkt for å ikke vinkle resultatene i ønsket retning. Da teoridelen og resultatdelen er vurdert til å ha god troverdighet vil følgelig også analysedelen anses å ha god troverdighet.

Feilkilder

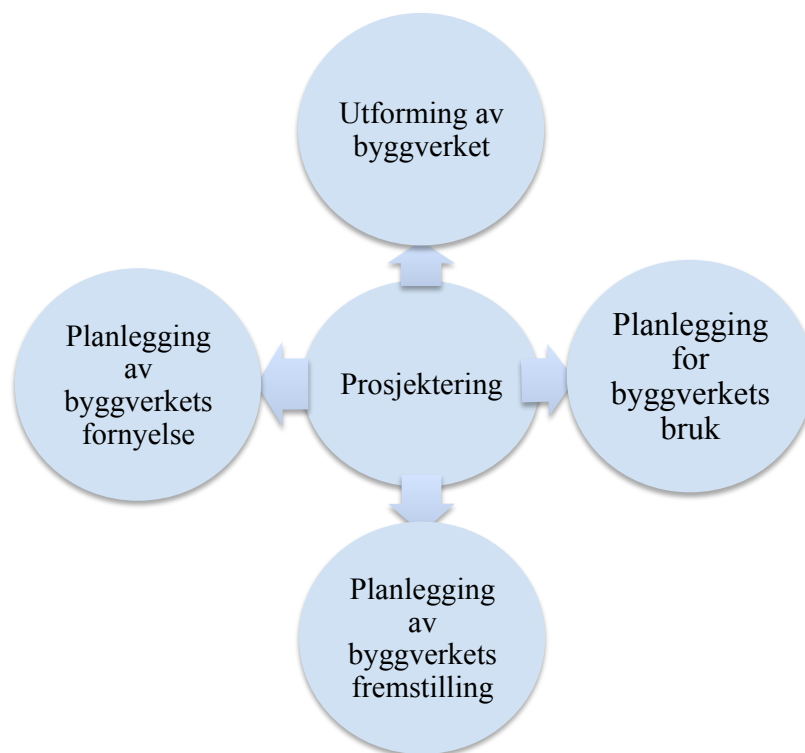
Selv om drøftingen er forsøkt gjennomført med et objektivt standpunkt er det fare for at egne synspunkter kommer frem og at drøftingen blir mer subjektiv enn hva intensjonen er. Det kan være feiltolkninger relatert til funnene fra teorien og casestudiet som et resultat av undertegnede holdninger og meninger, noe som gjør at drøftingen og konklusjonen ikke nødvendigvis representerer AF Gruppens meninger.

3 PROSJEKTERINGSPROSESSEN

1.1 Tradisjonell prosjektering

Prosjekteringsprosessen kan beskrives som den prosessen hvor plangrunnlaget for utforming av byggverket og driften blir produsert (Meland, 2000). Figur 5 fremstiller innholdet i byggprosjekteringen. Planlegging av byggverkets fremstilling foregår gjennom valg av metoder og omfatter koordinering av de ulike aktivitetene med ressursene de krever. Planlegging for byggverkets fornyelse innebærer tilpasninger i form av byggets elastisitet, generalitet og fleksibilitet. Hansen et al. (2000) definerer prosjektering på følgende måte:

”Prosjektering- å skape, utforme og gjennomarbeide byggeobjekt ved hjelp av tegninger, skalamodeller og 3D- og 4D-modeller” (Hansen et al., 2000).



Figur 5 : Innhold i prosjektering, basert på Meland (2000)

I de tradisjonelle entreprisformene omhandler entreprenørens prosjektering produksjonsplanlegging og innkjøp (Meland, 2000). Arbeidsoppgavene i produksjonsplanleggingen omfatter utarbeidelse av framdriftsplaner, riggplaner, ressurs- og bemanningsplaner, og HMS-planer. Underveis mens prosjekteringsarbeidet gjennomføres må det bestemmes hva som burde være egenproduksjon og hvilke arbeidsoppgaver det bør initieres underentreprenører til. De aktuelle leverandørene vurderes, følgelig utarbeides tilbudsforespørsler og forhandlinger gjennomføres.

I totalentrepriser har entreprenøren et økt prosjekteringsomfang gjennom sin større andel av innkjøpsforberedelser og gjennom koordinering, sammenlignet med andre entreprisformer (Meland, 2000). I en totalentreprise er det ofte et stort tidspress, noe som svekker entreprenørens mulighet til å gjennomføre en grundig prosjektering og planlegging.

1.1.1 Tradisjonell planleggingsprosess

Planlegging er en formell prosess som skal identifisere hva som må gjøres, hvilke ressurser som trengs og når det er behov for dem (Forbes & Ahmed, 2011). Arbeidet i planleggingsprosessen blir ofte strukturert med nedbrytningsstrukturen Work Breakdown Structure (WBS) (Meland, 2000).

Framdriftsplanlegging er en av de største oppgavene for prosjekteringslederen, hvor de prosjekterende analyserer sannsynlig tidsbruk for de ulike byggeaktivitetene (Meland, 2000). Fremdriftsplanen i tradisjonell prosjektering er vanligvis utarbeidet og presentert i et diagram med Critical Path Method (CPM) (Forbes & Ahmed, 2011). Dette diagrammet illustrerer hver aktivitet på en horisontal tidsskala. Skalaen kan illustrere dager, uker eller måneder avhengig av størrelsen og kompleksiteten til prosjektet. Planleggingsprosessen for å utarbeide en hovedfremdriftsplan kan ofte involvere de følgende trinnene:

1. Inndele prosjektet i hovedaktiviteter
2. Avklare varigheten og nødvendig arbeidskraft for hver aktivitet
3. Plassere aktivitetene i en logisk sekvens for å danne hovedfremdriftsplanen
4. Bestemme prosjektets varighet ut fra sekvensen til aktivitetene og deres respektive varigheter
5. Vurdere den totale varigheten mot de kontraktmessige kravene til prosjekt
6. Videreutvikle hovedfremdriftsplanen med å bruke CPM til å identifisere den kritiske veien, samt identifisere flyten

Varigheten til aktivitetene justeres i henhold til ressursutnyttelse (Forbes & Ahmed, 2011). For eksempel, kan den tiden som kreves for å plassere armeringen påskyndes ved å øke antallet arbeidere som utfører denne aktiviteten. Flyten gjør det mulig for prosjektet å imøtekomme forsinkelser eller utforutsette hendelser uten at det påvirker ferdigstillelsesdatoen. Flyten representerer altså hvor lenge en aktivitet kan være forsinket uten at det påvirker det totale tidsforbruket til prosjektet. Den kritiske veien i prosjektet beskriver de aktivitetene som ikke kan bli forsinket uten å forsinke hele prosjektet.

I en tradisjonell planleggingsprosess blir ofte hovedfremdriftsplanen utformet innledende i anbudsprosessen ved bruk av estimater basert på erfaringer fra tidligere prosjekt (Forbes & Ahmed, 2011). I den innledende prosjekteringen er det høy grad av usikkerhet tilknyttet framdriften (Meland, 2000). Det er flere alternative løsninger for utføring som skal vurderes, og der noen aktiviteter optimalt burde gjennomføres sekvensielt er det andre aktiviteter som er avhengige av hverandre og dermed burde gjennomføres reflektivt.

3.1.1 Tradisjonell prosjekteringsledelse

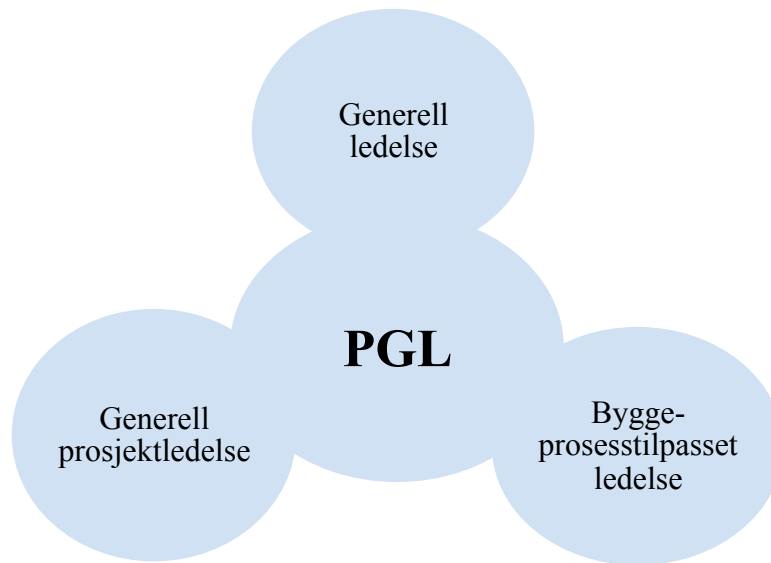
Prosjekteringsprosessen illustrerer det fysiske sluttproduktet i et byggeprosjekt (Østby-Delgum et al., 2013). Prosjekteringsledelse innebærer å lede, fasilitere og koordinere arbeidere i en prosjekteringsgruppe for å utforme dette sluttproduktet. I følge Meland (2000) er prosjekteringsledelse ledelse av prosessen med å lansere konseptideer og bearbeide den valgte ide til et ferdig, immaterielt produkt. Hvor prosjekteringslederen har ansvaret for å lede denne prosessen. Meland (2000) og RIF (2004) definerer prosjekteringsledelse som følgende:

”Prosjekteringsledelse – en prosjektlederfunksjon for delprosessen prosjektering, der teknologi-design-ledelse er det sentrale funksjonsområdet” (Meland, 2000).

”Prosjekteringsledelse er et administrativt oppdrag med hovedvekt på ledelse, styring og kvalitetssikring av prosjekteringsoppdrag” (RIF, 2004).

Ulike elementer av ledelse for prosjekteringslederen

Prosjekteringslederen i BA-prosjekter har ansvaret for ulike funksjoner som stiller krav til ferdigheter og ulike elementer av ledelse (Meland, 2000). Ledelselementene består av generell ledelse, generell prosjektledelse og byggeprosestilpasset ledelse, se Figur 6. Hvilke elementer det stilles krav til av prosjekteringslederen avhenger av omfanget og gjennomføringsmodellen til prosjektet. I omfattende prosjekter stilles det krav til at prosjekteringslederen dekker alle elementene av ledelse, mens i mindre komplekse prosjekter kan prosjekteringslederfunksjonen omfatte enkeltelementer som byggeprosestilpasset ledelse.



Figur 6: Prosjekteringslederfunksjonens ulike ledelselement, basert på Meland (2000)

Prosjekteringslederens oppgaver

Arbeidsomfanget for prosjekteringsgruppen skal defineres i kontrakten (Meland, 2000). Prosjekteringsleder (PGL) er bindeleddet mellom tiltakshaver og prosjekteringsgruppen og hovedoppgavene er knyttet til ledelsesfunksjonene koordinering, kommunikasjon og styring. I følge Hansen (2003) er i tillegg til de funksjonene Meland (2000) trekker ut planlegging en av hovedoppgavene. Nedenfor er hovedoppgavene til prosjekteringsleder beskrevet kortfattet:

- **Koordinering**
Prosjekteringen karakteriseres av gjensidige avhengigheter mellom de ulike fagene (Meland, 2000). Prosjekteringsleder må følgelig koordinere de ulike aktørene som kommer på banen til ulikt tidspunkt med ulike arbeidsoppgaver (Hansen, 2003). PGL har ansvar for å koordinere tegningsleveransene til byggeplassen og en utfordring her er at tegningsleveransene må leveres i tide. For å koordinere er det nødvendig med god kommunikasjon og de prosjekterende er avhengig av informasjonsutveksling med detaljinformasjon for å kunne ferdigstille produksjonstegninger. Prosjekteringsmøter kan gjennomføres for å koordinere denne prosessen.
- **Kommunikasjon**
Kommunikasjon er en avgjørende faktor for suksess med prosjektering (Meland, 2000). Det er viktig med god kommunikasjon i prosjekteringsprosessen for å hindre

feil i tegningsgrunnlag som blant annet kan føre til endringskostnader. Dårlig og mangelfull kommunikasjon er et av de største problemene og utfordringene som rapporteres i byggebransjen (Johannessen & Rosendahl, 2010). Johannessen og Rosendahl (2010) drøfter at kommunikasjon burde være et av fokusområdene i prosjekt sammen med tid, kostnad og kvalitet. Kommunikasjon er et viktig virkemiddel og er avgjørende for blant annet motivasjonen, informasjonsutvekslingen, samhandlingen og beslutningstakingen.

- **Planlegging/styring**

PGL's oppgaver i forbindelse med planlegging omfatter koordinering av de ulike aktivitetene og ressursene de krever. Prosjekteringsgruppen har ansvar for å styre de innledende målsettingsarbeider via planlegging og oppfølging til evaluering (Meland, 2000). PGL har ansvar for å styre prosjektet administrativt og håndtere alle økonomiske sider, samt planlegge og ivareta fremdriften i prosjekteringen. Prosjekteringslederen har også ansvar for og kommunisere og styre endringer som oppstår i prosjekteringsprosessen.

Entreprenøren har ansvar for å etablere styringssystemer som dekker økonomi, kvalitet og tidsbruk (Meland, 2000). Meland (2000) definerer styring til å omfatte målsetting, planlegging, måling og korrektive tiltak. De ulike styringsområdene avhenger av hverandre, som for eksempel vil endringer i arbeidsomfang ofte ha økonomiske konsekvenser. Noen av de viktigste styringsområdene er fremstilt i Tabell 5. Disse oppgavene fordeles over ulike faser i prosjektet og innebærer kompetanse på flere fagfelt. Oppgavene har vekt på koordinering, planlegging, kostnadsstyring, framdrift, kvalitetssikring og rapportering. I byggeprosjekt er det nødvendig med en integrering av flerfaglighet, hvor en integrering er å kombinere koordineringsmekanismer, kommunikasjon og informasjon.

Styringsområder	PGLs lederfunksjoner		
	Koordinering	Kommunikasjon	Styring
Arbeidsomfang og endringer	x	x	x
Økonomi	x	x	x
Framdrift	x	x	x
Kvalitetssikring	x	x	x
Usikkerhet	x	x	x
Prosjektintegrering	x	x	x

Tabell 5: PGL's lederfunksjoner (Meland, 2000)

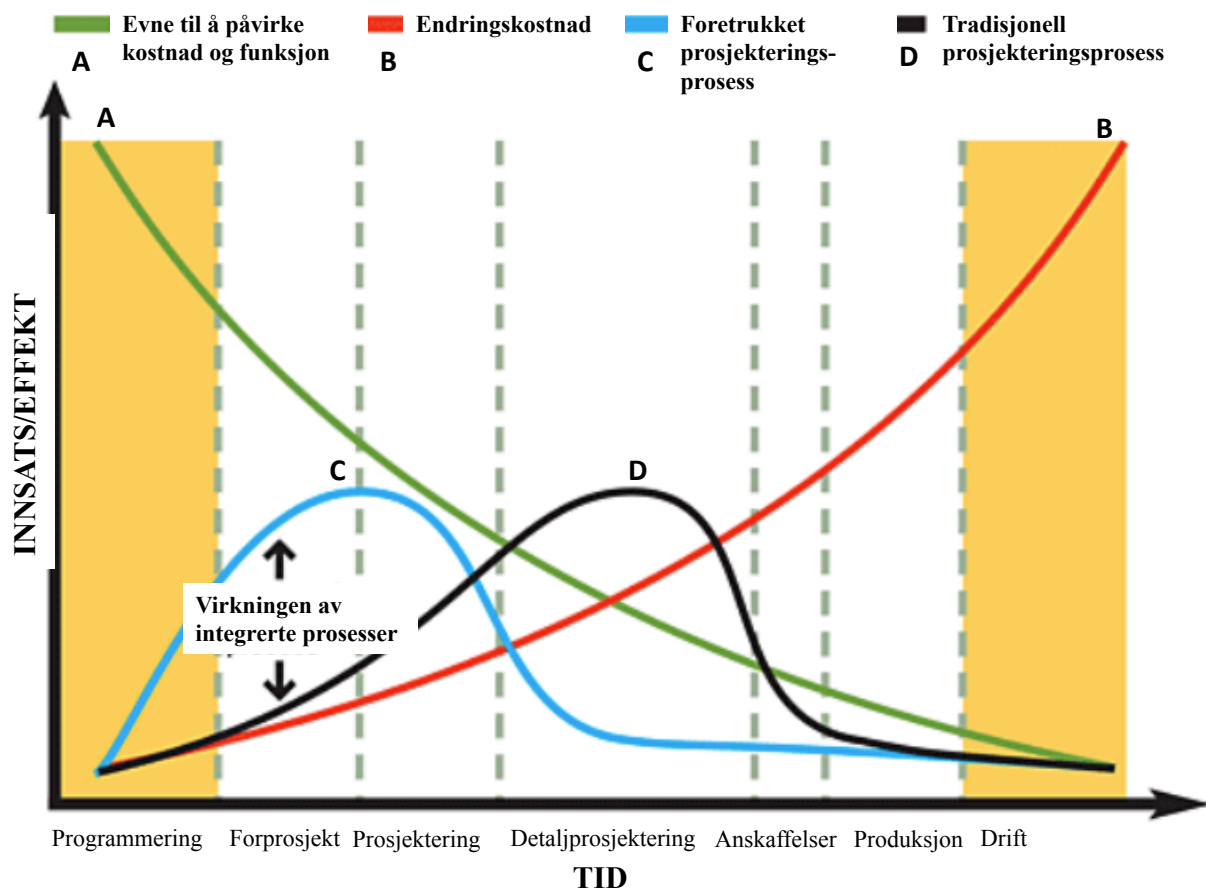
- **Oppfølging/måling**

Planene som utformes i prosjekteringsprosessen burde kontrolleres og følges opp i henhold til framdrift, ressurser og økonomi. PGL skal samle kostnadskalkyler til kostnadsoverslag og ivareta de økonomiske sidene som følger av prosjekteringen (Meland, 2000). PGL har også som oppgave å utarbeide kontrakter og følge dem opp. I moderne prosjekteringsystemer integreres planlegging og oppfølging.

1.2 Integrert prosjektering

Integrert prosjektering omhandler tidlig involvering av relevante aktører i prosjekteringsprosessen (Westgaard et al., 2010). Det er økt tverrfaglighet og grensesnittkontroll da de utførende som skal bygge, forvalte og eie bygningen deltar i tidligfasen av prosjektet sammen med de prosjekterende. Et kjennetegn til integrerte prosjekteringsgrupper er workshops, som kan beskrives som prosjekteringsmøter hvor hele gruppen jobber sammen for å utvikle prosjektet (Krygiel & Nies, 2008).

Den integrerte prosjekteringsprosessen fører til at beslutninger med avgjørende betydning for bygningens levetidskostnader og brukbarhet tas i en tidligere fase i prosjektet når endringskostnadene er minst, og følgelig blir kostnader for endring av design redusert (Westgaard et al., 2010). Figur 7 består av fire ulike kurver som blir referert til som MacLeamy kurven og illustrerer hvordan en tidlig involvering av aktører påvirker prosjektet. Figuren viser effekten av en integrert prosjektering (C-kurven) sammenlignet med en tradisjonell prosjektering (D-kurven). D-kurven viser at kunnskapen om prosjektet i et tradisjonelt prosjekt er utnyttet (konsolidert) etter at prosjekteringsprosessen er over, mens C-kurven illustrerer hvordan kunnskapen er ment til å bli konsolidert i en integrert prosjekteringsprosess. A-kurven illustrerer hvordan endringer påvirker prosjektet ut i fra når de forekommer, og B-kurven viser den økonomiske virkningen av endringer. Hvor kompleks en endring er avhenger altså av hvor langt man er kommet i prosessen, og det samme gjelder konsekvensene av endringen. Det er derfor fordelaktig om endringene skjer tidlig i prosjekteringsprosessen, noe den integrerte prosjekteringen fokuserer på.



Figur 7: MacLeamy kurven- Effekten av ulike typer prosjektering, hentet fra Westgaard et.al, (2010)

Prosesen og vitenskapen vedrørende bygningsdesign har blitt stadig mer komplisert de siste årene, noe som stiller krav til kompetanse fra ulike spesialister i prosjekteringsprosessen (Krygiel & Nies, 2008). Denne trenden stiller krav til ulike områder av ekspertise, og det skaper et behov for en integrert prosjekteringsgruppe. En integrert prosjekteringsgruppe kan dele kunnskap på tvers av fag og har et økt engasjement for prosjektet.

1.2.1 Integrert prosjektering vs. Tradisjonell prosjektering

I en tradisjonell prosjekteringsprosess blir aktørene involvert etter behov basert på hvilken fase i prosjektet man befinner seg i (Westgaard et al., 2010). I en slik prosjekteringsprosess tas flere beslutninger av en mindre gruppe og endringer forekommer ofte lengre ut i prosessen hvor kostnadene øker betraktelig. I en integrert prosjekteringsprosess blir alle aktører som er relevant involvert fra begynnelsen og man har en mer helhetlig tilnærming til prosjektering. Tabell 6 fremstiller forskjeller mellom en integrert prosjektering og tradisjonell prosjektering.

Integrert prosjektering	Tradisjonell prosjektering
Involverer aktører i en tidlig fase	Involverer gruppemedlemmer underveis etter behov
'Front-loaded': tid og energi investeres i tidligfase	Mindre bruk av ressurser i tidligfase
Beslutninger tas med mange kompetansedyktige aktører tilstede	Beslutninger tas av et grupper bestående av få personer
Iterative designprosesser	Lineære designprosesser
Fokus på helhetstenking	Systemer blir ofte vurdert isolert
Tillater full optimalisering	Begrenset til fremtunget optimalisering
Søker synergier	Minsket mulighet for synergier
Fokus på livsløpskostnadene til prosjektet	Fokus på tidlige kostnader i prosjektet
Prosesen fortsetter i driftsfasen gjennom evalueringer	Prosesen er ferdig når bygging er ferdig

Tabell 6: Integrert prosjektering vs. tradisjonell prosjektering, basert på Westgaard et al. (2010)

De integrerte prosjekteringsgruppene som består av ulike aktører har et godt samarbeid som legger til rette for informasjonshåndtering og informasjonsdeling (Moud, 2013). Ettersom informasjonsdelingen i prosjekteringsprosessen er stor, er håndteringen av informasjon en av de mest krevende oppgavene til prosjekteringsgruppen (Meland, 2000). En av utfordringene i tradisjonell prosjektering har vært knyttet til denne informasjonsdelingen grunnet mangelfull integrering.

4 PROSJEKTERINGSPROSESS I LEAN CONSTRUCTION

4.1 Generelt om Lean Construction

Lean Construction har sin opprinnelse fra produksjonsfilosofien til selskapet Toyota, som oppsto på 1950-tallet i Japan (Koskela, 1992). Lean filosofi i produksjonsbransjen fokuserer på å identifisere og eliminere sløsing (eng:waste), det vil si ikke-verdifulle aktiviteter. Lean Production tilstreber å forbedre effektiviteten og produktiviteten, og ideen bak dette produksjonssystemet er å redusere inventaret. Kahnzode et al. (2006) definerer målet til Lean Construction slik: *"The ultimate goal of Lean Construction is to eliminate waste from construction and deliver a product that a customer wants, instantly"*.

I 1992 utviklet Lauri Koskela et forslag til anvendelse av Lean filosofi i byggebransjen og la det frem i rapporten *'Application of the new production philosophy in construction'* (Koskela, 1992). På 90-tallet utviklet konseptet Lean Construction seg spesielt i USA. Tradisjonelt forsøker byggebransjen å forbedre konkurranseevnen ved å trinnvis gjøre aktiviteter som tilfører verdi mer effektive. Lean Construction på den annen side, fokuserer på å identifisere og eliminere aktiviteter som ikke tilfører verdi. Byggeprosesser sees på som flytprosesser som både består av aktiviteter som tilfører verdi og aktiviteter som ikke tilfører verdi. Adopsjonen av Lean filosofi i byggebransjen blir sett på som et paradigmeskift. Lean Construction skiller seg fra den tradisjonelle byggeprosessen med tanke på målene og inndelingen og strukturen av fasene. Denne inndelingen inkluderer forholdet mellom hver fase og deltakerne i dem. Den grunnleggende ideen bak Lean Construction er å administrere prosjekt som et Lean produksjonssystem. Som Koskela (1992) beskriver er elleve prinsipper for flytprosesser og forbedring grunnlaget for Lean Construction:

1. Reduce the share of non value-adding activities
2. Increase output value through systematic consideration of customer requirements
3. Reduce variability
4. Reduce the cycle time
5. Simplify by minimizing the number of steps, parts and linkages
6. Increase output flexibility
7. Increase process transparency
8. Focus control on the complete process
9. Build continuous improvement into the process
10. Balance flow improvement with conversion improvement
11. Benchmark

Prinsippene bak Lean er i essensen målene, altså hvilke fordeler man får fra konseptene (Koskela et al., 2002). Disse fordelene er redusert sløsing, redusert variabilitet og tilført verdi. Konseptene er mer abstrakt, som flyt, verdi, transformasjon og gjennomsiktighet. Koskela (1992) introduserte Transformation, Flow and Value- konseptet av design. Dette er basert på at produksjon burde skje som en transformasjon fra input til output. Produksjonen inkluderer bruk av ressurser og den er brukt for å skape verdi for kunden gjennom oppfyllelse av kundens krav. Alle aktørene burde forstå hele arbeidsprosessen for å kunne identifisere og eliminere sløsing, slik at de kan fokusere på verdiskapende aktiviteter.

I den tradisjonelle byggeprosessen jobber aktørene for å beskytte sin egen verdi og egne interesser, noe som er en kontrast til Lean filosofi som fokuserer på samarbeid mellom deltakerne (Ballard, 2008). Utfordringen med å implementere Lean Construction er endring

av atferd, samt vilje blant deltakerne og aktørene i bransjen til å lære et nytt prosjektleveringssystem. Lean Construction er stadig i utvikling og organisasjoner som Lean Construction Institute (LCI) og International Group of Lean Construction (IGLC) er hovedpådrivere for denne utviklingen.

4.2 Prosjekteringsprosessen i Lean Construction

Ballard (2008) beskriver prosjekteringsprosessen i Lean Construction som følgende: *”The Lean design process applies the Lean Construction principles and consider the design process as a flow and value model and not as a conversion model”*(Ballard, 2008).

Lean Construction er tett koblet opp mot integrert prosjektering (Westgaard et al., 2010). Lean presenterer iRoom konseptet, hvor prosjekteringsgruppen jobber samlokalisert (Tjell, 2010). I dette rommet kan prosjekteringsgruppen møtes og samarbeide, og prosjekteringsprosessen blir følgelig integrert. Rommet kan skape en atmosfære som legger til rette for integrert prosjektering og et godt samarbeid mellom aktørene (Liker, 2004). I følge Westgaard et al. (2010) skaper integrerte prosjekteringsprosesser et økt samspill mellom fag, systemer og løsninger. Lean filosofi understreker viktigheten av et godt samarbeid i prosjekteringsgruppen.

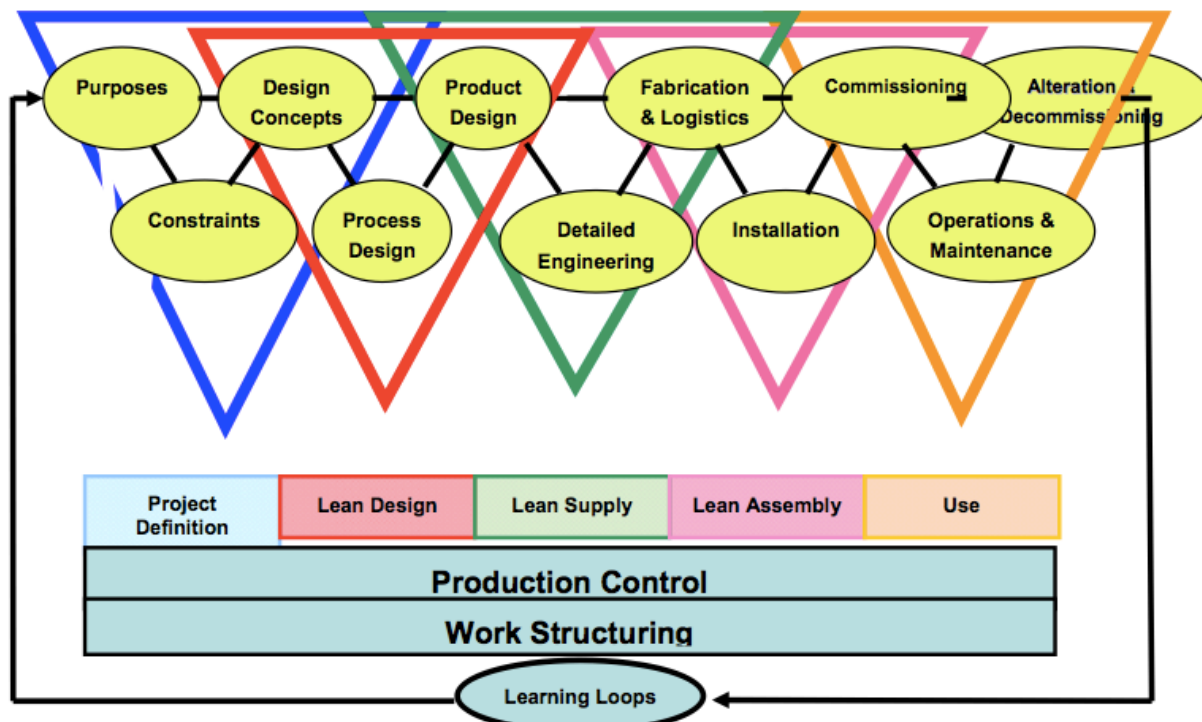
Prosjekteringsprosessen i Lean Construction benytter seg av et fundamentalt ulikt system fra de tradisjonelle styringssystemene i forhold til hvordan prosjektet styres og organiseres, dette kalles Lean Project Delivery System (LPDS) (Womack & Jones, 2003).

4.2.1 Lean Project Delivery System (LPDS)

I 2000 utviklet Lean Construction Institute (LCI) en ny måte å gjennomføre prosjekt på med Lean Project Delivery System (LPDS) (Ballard, 2008). Dette prosjektsystemet er under stadig utvikling. I starten var det mest fokus på å implementere LPDS i produksjonsprosessen, men i de siste årene har det blitt mer og mer fokus på prosjekteringsprosessen. LPDS åpner for tidlig involvering av deltakerne og dette tillater at kunnskap om byggemetoder kan påvirke den tidlige utformingen av designet (Khanzode et al., 2006). Integrering av kunnskap om prosessen i de tidlige fasene innebærer en vurdering av sekvensen og logistikken til prosjektet. Denne prosessen kan forenkles og effektiviseres ved å utføre 4D-modellering.

Formålet med LPDS er å strukturere byggeprosessen slik at den samsvarer med Lean-tankegangen om å levere et prosjekt som oppfyller kundens behov uten og prosessere sløsing (Khanzode et al., 2006). I følge LPDS er prosjekteringsgruppen ansvarlig for å hjelpe kunden med å bestemme hva han egentlig ønsker og oppnå med prosjektet (Ballard, 2008). Gruppen samarbeider for å definere kundens verdi og utvikler deretter designkriteriene for prosjektet. Target Values er satt for å trigge innovasjon og finne ulike designalternativer. De ulike løsningene blir evaluert med målet som utgangspunkt og avgjørelser blir tatt i *”The Last Responsible Moment”*. Det er hensiktsmessig å følge dette prinsippet, da avgjørelser som tas i prosjekteringsprosessen er avgjørende for muligheten til å skape verdi og få et suksessfullt prosjekt.

Figur 8 illustrerer en oversikt over fasene i LPDS og sammenhengen/overgangen mellom de ulike fasene. Den svarte pilen som går fra Decommissioning-fasen til Purposes-fasen illustrerer informasjonshåndteringen og representerer en annen viktig del av Lean filosofi, som er å *lære av erfaringer* og ha *kontinuerlig forbedring*.



Figur 8: The Lean Project Delivery System (Ballard, 2008)

I den første fasen av LPDS, prosjektdefinisjon (Figur 8: Project Definition) vurderes formålene, behovene og verdiene brukerne har til prosjektet og et program blir utviklet (Khazode et al., 2006). Prosjekteringsgruppen utvikler en felles 3D-modell, noe som legger til rette for et bedre samarbeid. Dette fører til at gruppen kan få en felles visjon av behovet, verdien og formålet til prosjektet. Ved å bruke en 3D-modell tidlig i prosjektdefinisjonsfasen kan prosjekteringsgruppen også kommunisere utseendet av bygningen og dens funksjon til de ulike interessenter.

Lean Design i Figur 8 er prosjekteringsprosessen i LPDS, og denne legger vekt på tidlig involvering av aktører i designprosessen (Ballard, 2008). Design er en tverrfaglig prosess og prosjekteringsprosessen i LPDS har en tverrfaglig tilnærming til design (Khazode et al., 2006). Et tverrfaglig gruppe bestående av arkitekt, rådgivende ingeniør, entreprenør, underentreprenører og ulike spesialister jobber sammen for å samarbeide om å ta beslutninger som er optimale for produktet og prosessen (Forbes & Ahmed, 2011). I denne fasen vurderes samspillet mellom designkonsepter, produktdesign og prosessdesign, dette er illustrert i Figur 8 med den røde trekanten som omfavner Design Concepts, Product Design og Process Design. I prosjekteringsledelsen i Lean Design fokuseres det på forbedringsarbeid innen prosjektering ved å benytte Last Planner System (LPS) og en bygningsinformasjonsmodell (BIM).

4.3 Last Planner System (LPS) i Lean Design

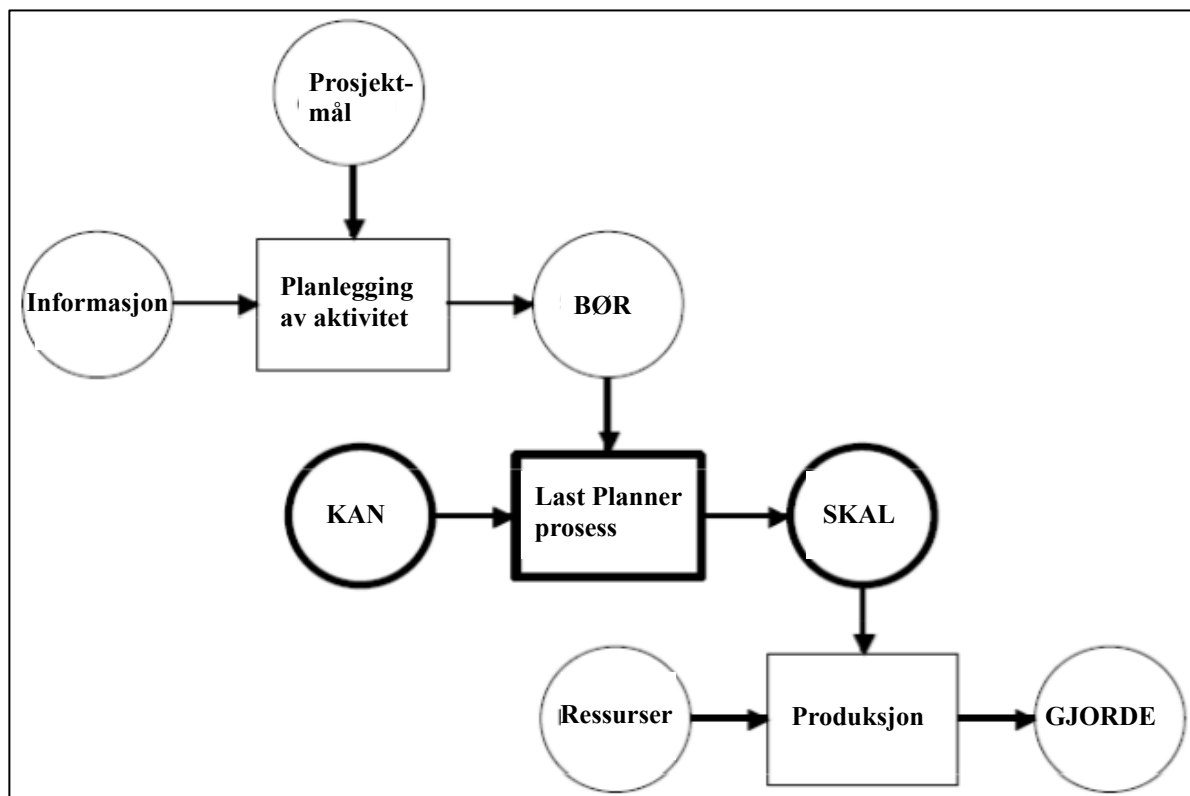
Last Planner System (LPS) er et produksjonssystem utviklet av Ballard som en del av LPDS (Ballard, 2008). LPS produserer langt bedre prosjektresultater sammenlignet med prosjekter som utføres tradisjonelt med Critical Path metodene (Ballard & Howell, 2004). I utgangspunktet var LPS utviklet for produksjonsprosessen, hvor de på byggeplassen utarbeider den endelige planen for arbeidsoppgavene som skal gjennomføres. LPS er nå

utviklet og implementert i prosjekteringsprosessen. Institute L.C, (2014) presenterer følgende beskrivelse på LPS:

“Last Planner System (LPS) - The collaborative, commitment-based planning system that integrates should-can-will-did planning (pull planning, make-ready look-ahead planning with constraint analysis, weekly work planning based upon reliable promises, and learning based upon analysis of PPC and Reasons for Variance” (Institute L.C, 2014).

Plansystemet i Last Planner System

Last Planner kommer fra prinsippet om at det er det siste leddet i planleggingskjeden som skal utarbeide planene (Ballard, 2008). I prosjekteringsprosessen vil dette si at hele prosjekteringsgruppen bestående av alle relevante aktører skal delta i planleggingen. LPS fokuserer på utviklingsplanlegging (eng: lookahead-planning), planlegging med forpliktelse (eng: commitment planning) og læring av gjennomførte aktiviteter. Målet er derfor å skape en flyt i byggeprosessen basert på pålitelighet og forpliktelse. Det er fokus på planlegging med forpliktelse. Planene skal være pålitelige noe som tilsier at man kun skal planlegge aktiviteter som kan gjennomføres. Ballard (2008) hevder at planleggingsprosessen bygger på ”BØR-KAN-SKAL-GJORDE”-prinsippet (eng:SHOULD-CAN-WILL-DID), se illustrasjon i Figur 9. I planleggingsprosessen skal det som BØR gjøres omdannes til det som KAN gjøres og slik opparbeides det klarlagt arbeid som det kan utarbeides ukearbeidsplaner av. Når ukeplanen fastsettes forplikter de utførende seg til at arbeidsoppgaven i planen SKAL utføres.



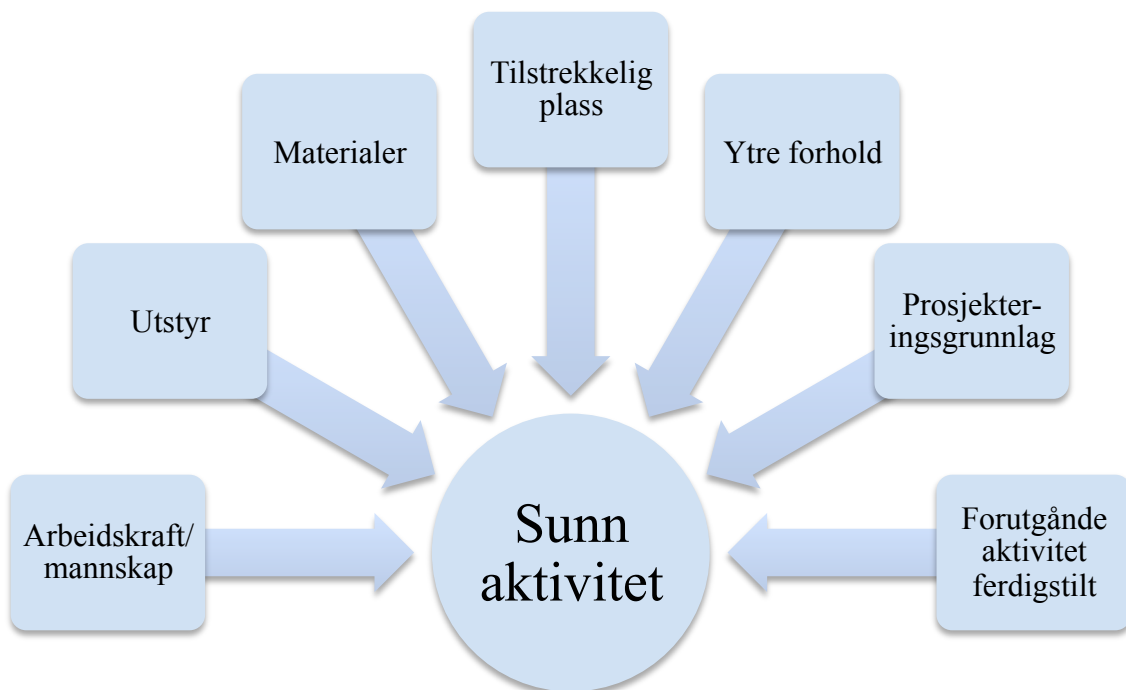
Figur 9: The Last Planner System, hentet fra (Ballard, 2000)

Den forpliktende planleggingen skal utføres av basene i slutten av uken slik at arbeidet er klart til neste uke, dette er grunnlaget for ukeplanene som SKAL utføres, se Figur 9. Prinsippene i dette plansystemet benyttes i prosjekteringsprosessen, hvor det er produksjon av

tegningsgrunnlag i stedet for produksjon på byggeplassen. For å klarlegge arbeid må følgende punkter gjennomgås (Ballard, 2008):

1. Identifisere oppgaver som er sunne, se Figur 10 for å analysere om en aktivitet er sunn
2. Bestem tilgjengelig arbeidskraft for perioden
3. Tildel oppdrag som er sunne til arbeidslag
4. List oppgaver i en Workable Backlog (arbeid som er klart til å gjennomføres)
5. Hvis arbeidere fortsatt er tilgjengelig etter planen er ferdig, spør leder/formenn om hjelp
6. Leder/formenn vurderer planen
7. Følg og kontroller fremdriften av planen
8. Fremstill den totale PPU og sett opp en liste for grunnene til ikke-utført arbeid

Aktiviteter i prosjektene skal karakteriseres som sunne før de kan påbegynnes og et av formålene er å legge til rette for arbeidet som skal gjøres den kommende uken (Ballard & Howell, 1998). For at en aktivitet skal være sunn (eng: sound) er det identifisert syv forutsetninger som må ligge til grunn for å sikre at oppgaven KAN utføres, se Figur 10. Kun aktivitetene som er identifisert som sunn kan inngå i den kommende ukens arbeidsplan. Figur 10 illustrerer hva som skal til for å oppnå en sunn prosjektering, altså en prosjektering som kan gjennomføres uhindret og føre til at produktet får riktig kvalitet med optimale løsninger. En sunn prosjekteringsaktivitet fører til økt forutsigbarhet til prosjekteringen og dette bidrar til bedre en flyt i prosjekteringsprosessen. Sunne prosjekteringsaktiviteter gir også et optimalt underlaget for produksjonsprosessen med redusert variasjon og økt kvalitet.



Figur 10: Syv forutsetninger for en sunn aktivitet, basert på Koskela (2000)

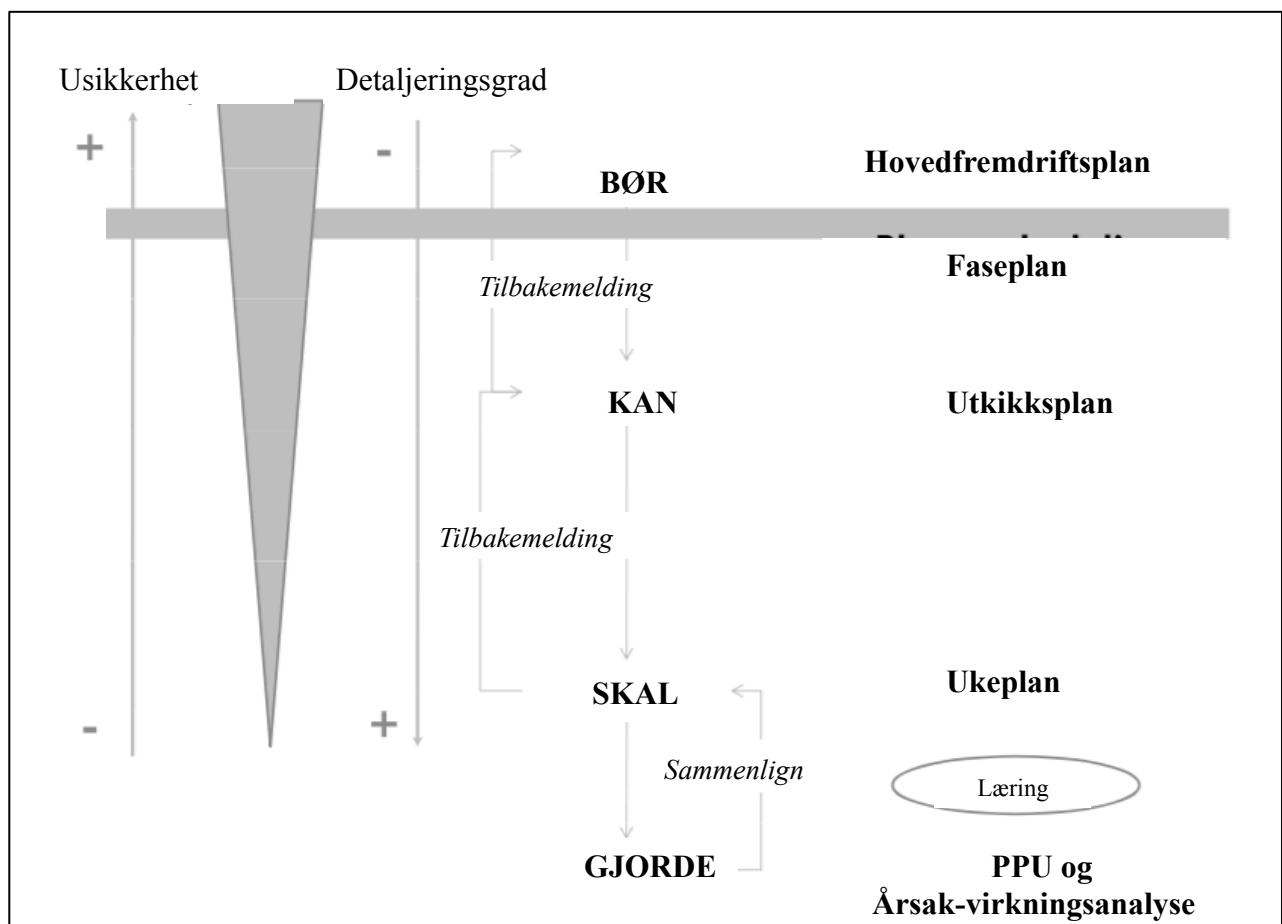
For å analysere om en aktivitet er sunn må alle de syv forutsetningene vurderes (Koskela, 2000). Figur 10 illustrerer de syv forutsetningene:

1. **Arbeidskraft/mannskap** med riktig kompetanse og kapasitet til å utføre arbeidet er nødvendig

2. **Utstyr** som er tilfredsstillende med tanke på effektivitet, sikkerhet og belastning må være tilgjengelig
3. **Materialer** som skal brukes må være tilstede med riktig kvalitet og mengde
4. **Tilstrekkelig plass** til å utføre aktiviteten, samt ryddet og klargjort plass før arbeidet starter
5. **Ytre forhold** må være tilstede, eksempel på ytre forhold er vær og offentlige tillatelser
6. **Prosjekteringsgrunnlag** må inneholde riktig informasjon. Underlag som tegninger, beslutninger og beskrivelser må inneholde nøyaktig informasjon, og hva som skal gjøres må være klart
7. **Forutgående aktiviteter** må være ferdigstilt og ha riktig kvalitet for at det skal være mulig å starte på neste aktivitet

Plannivå i Last Planner System

LPS baserer seg på fire plannivåer som bygger på prinsippet "BØR-KAN-SKAL-GJORDE", illustrert i Figur 11. Plannivåene kan anvendes på samme måte i prosjekteringsprosessen som i produksjonsprosessen (Alves, 2014). I prosjekteringsprosessen omhandler planene arbeidet med prosjekteringen, hvor aktivitetene og leveransene er tegningsgrunnlaget.



Figur 11: Plannivå i LPS, hentet fra Alves, 2014

Hovedframdriftsplan

Hovedframdriftsplanen for prosjektet skal være på milepælnivå og gir oversikt over tidspunktene for de ulike fasene av prosjektet (Ballard, 2000). Planen skal utarbeides før oppstart av prosjektet som en del av tilbudet eller kontrakten. I denne fasen er usikkerheten stor, og detaljeringsgraden skal derfor være lav for å få en mest mulig pålitelig plan, illustrert i Figur 11 (Insitute L.C, 2014).

Faseplan

Faseplanen tar utgangspunkt i hovedframdriftsplanen og deler prosjekteringen inn i faser (Ballard & Howell, 2004). Faseplan er en mer detaljert arbeidsplan som skal spesifisere overleveringer mellom de fagene som er involverte i denne fasen av prosjektet. Faseplanene utarbeides med "Pull-Planning"-teknikk og skal sikre at prosjekteringen skjer i tilstrekkelig tid før produksjon (Insitute L.C, 2014). Planen inneholder de vesentligste aktivitetene i prosjekteringsarbeidet med tidsangivelser.

Utkikksplan

Utkikksplanen er en plan for et intervall tatt ut av faseplanen og den utarbeides også med hjelp av "Pull-Planning" (Institute L.C, 2014). Planen identifiserer alle aktivitetene som kan utføres i et intervall som for eksempel de 6 neste ukene. Utkikksplanen oppdateres hver uke slik at nye aktiviteter kan bli identifisert, følgelig kan prosjektledelsen legge til rette for og sikre at arbeid er klart til å bli utført i den uken det er planlagt (Insitute L.C, 2014). Aktivitetene må oppfylle følgende kriterier for at de skal bli satt opp på utkikksplanen (Forbes & Ahmed, 2011):

- Aktivitetene må ha en håndterbar størrelse: de må være små slik at de kan være tilstrekkelig detaljert
- Aktivitetene må være lett målbare: det burde være mulig å måle den gjenværende varighet og framdriften
- Aktivitetene må være sunne, altså fri for hindringer/begrensninger: det må være klart hvor begrensninger som ikke har blitt løst er slik at de ikke forstyrrer flyten i arbeidet

Ukeplan

I ukeplanen tas aktiviteter fra utkikksplanen og klargjøres til oppgavene i den kommende uken (Ballard & Howell, 2004). Ukeplanen er mer detaljert en utkikksplanen og omfatter tegninger og prosjekteringsdokumenter som skal benyttes i produksjon. Planlegging med forpliktelse er en essensiell del av ukeplanen (Forbes & Ahmed, 2011). Ukeplanen er brukt til å bestemme om planleggingsarbeidet er suksessfullt og den benyttes som et grunnlag for målinger som PPU. Møter hvor ukeplanen blir utarbeidet er holdt for å vurdere aktivitetene som ble utført forrige uke og for å planlegge neste ukes aktivitet (Forbes & Ahmed, 2011). Fra de aktivitetene som KAN gjøres skal ukeplanen dokumentere det som SKAL gjennomføres den kommende uken. Kriteria for aktivitetene som skal bli satt opp på ukeplanen:

- Aktivitetene må ha detaljert informasjon
- Aktivitetene må være sunne
- Prosjekteringsgruppen må forplikte seg til å utføre oppgaven
- Aktivitetene må ha optimal sekvens: vurdere om utførelse av aktiviteten vil frigjøre arbeid som andre er avhengig av
- Aktivitetene skal ha optimal størrelse: er aktiviteten dimensjonert for kapasiteten hvert individ eller gruppe har til å være produktiv og samtidig oppnåelig?

- Det må være fokus på læring: Er ikke-utførte oppgaver undersøkt, med å komme til bunns i grunnene til at oppgaven ikke ble utført? Er tiltak utført?

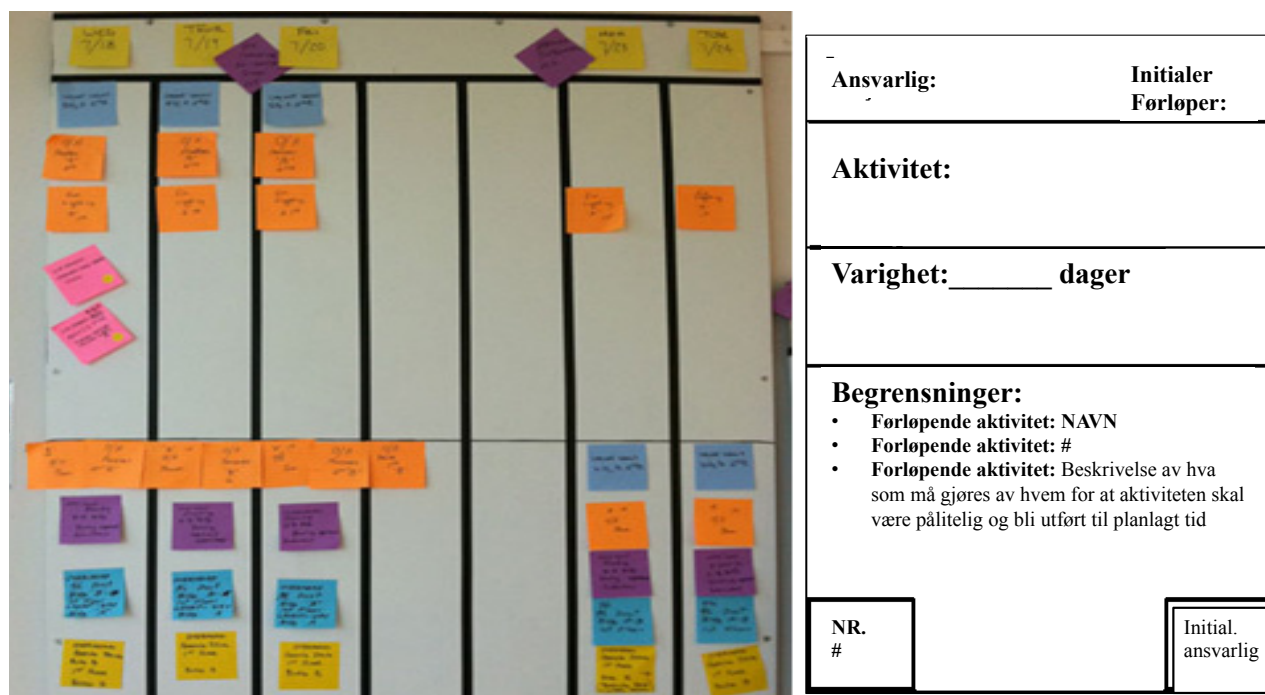
Planleggingsprosess i Last Planner System

Planene i LPS blir utarbeidet i samlokaliserte møter med prosjektdeltakerne og relevante aktører (Forbes & Ahmed, 2011). Trinnene i prosessen for å utarbeide planene i møtene er:

1. Ha en agenda klar til møtet
2. Introduser hele prosjekteringsgruppen slik at alle aktører blir kjent med hverandre
3. Sørg for at all nødvendig prosjektdata er tilgjengelig
4. Bruk Post-it lapper på planen som henger på veggen
5. Bruk "Pull"-teknikk for å planlegge oppgaver
6. Fremme kreativitet for å generere ideer
7. Identifiser flyt og verifiser med aktørene
8. Dokumenter planen og lagre den elektronisk
9. Gjennomgå og finjuster planen

4.3.1 Pull-Planning

Arbeidet i LPS struktureres gjennom "Pull-Planning" (ie: bakoverplanlegging) hvor prosjektgruppen setter en ferdigstillelsesdato og planlegger bakfra (Ballard, 2000). Representanter fra de som skal utføre arbeidet jobber sammen for å lage disse planene (Institute L.C, 2014). Prosjekteringsgruppen utarbeider en plan med Post-it lapper som inneholder informasjon om aktivitetene, se illustrasjon i Figur 12. En plan med "Pull-Planning" kan utarbeides for prosjekteringen på samme måte som for produksjonen. Siden Post-it lappene inneholder en kortfattet beskrivelse av aktivitetene og gjør dette prosessen transparent og effektiv.

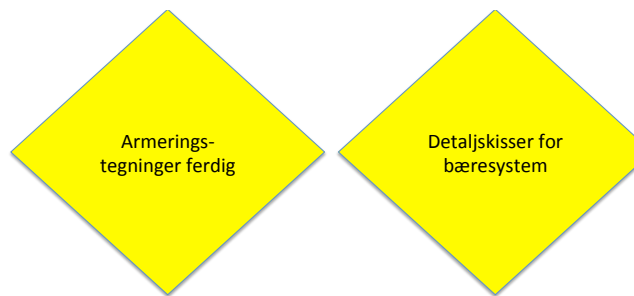


Figur 12: Pull-Planning og informasjon på Post-it lapp (Institute, L.C, 2014)

I "Pull-Planning" er et av prinsippene at man skal starte på de ulike aktivitetene basert på den faktiske tilgjengeligheten til ressursene (Ballard, 2000). Ressursene skal trekkes til arbeidsoppgavene etter hvert som de klargjøres. Planleggingen bakover skal skje med utgangspunkt i kundens behov (Institute L.C, 2014). Planleggingsprosessen hjelper hele prosjekteringsgruppen med å forbedre forståelsen for avhengigheten til oppgavene, samt viktigheten med å følge planen. Arbeidsmøtene med "Pull-Planning" er utført i et iRoom, noe som fremmer et miljø med god kommunikasjon og godt samarbeid. I det første steget i utarbeidelsen av en "Pull-plan" lager prosjekteringsgruppen milepæler. De planlegger bakover fra disse milepælene og legger til aktiviteter. Underveis i arbeidet vurderer de begrensninger. Stegene for utarbeidelsen av en "Pull-plan" er presentert nedenfor:

Lage milepæler

I utarbeidelsen av hovedplanen setter prosjektgruppen milepæler og lager strategien (Institute, L.C, 2014). Milepælen definerer en dato i prosjektet hvor en aktivitet eller arbeidsoppgave skal være ferdigstilt. Her identifiseres de elementene som har lang leveringstid, og det gjøres prioriteringer. På planene illustreres en milepæl med en rombe, se Figur 13, hvor eksempel på milepæler i prosjekteringsprosessen kan være dato for ferdigstilte armeringstegninger eller detaljsskisser for bæresystemet.



Figur 13: Eksempel på milepæler, basert på LCI's (2014) Last Planner System Scheduling

Legge til aktiviteter

For hver milepæl skal forløpende aktiviteter legges til, det planlegges fra milepælen og bakover (Ballard, 2000). Her jobber representanter fra de ulike arbeidslagene sammen og planlegger arbeidet. Samarbeidet om å utarbeide den ukentlige arbeidsplanen er illustrert i Figur 14. Hvert arbeidslag/fag har ulike farger på Post-it lappene, noe som gjør planen veldig oversiktlig og enkel å tolke slik at man lett kan se på avhengighetene mellom fagene.



Figur 14: Ukentlig arbeidsplan (Fauchier, 2013)

Vurdere begrensninger

Samtidig som milepæler og aktiviteter settes opp på planene er det nødvendig å vurdere eventuelle begrensninger (Ballard, 2000). Disse begrensningene symboliseres ofte med en stjerne.

”Pull-Planning” er en prosess som forbereder deltakerne på å gi pålitelige løfter (Ballard & Howell, 2004). ”Pull”- planleggingsmøtet starter ved å engasjere deltakerne ved å komme med forespørslene. Forespørslene blir analysert gjennom utkikkplanprosessen for å identifisere alle problemer og begrensninger som kan forhindre en deltaker fra å ikke fullføre det som er planlagt. Implementeringen av LPS og bruk av “Pull-Planning” øker derfor påliteligheten til planene. Effektiviteten og påliteligheten til oppgavene kan måles i prosjekteringsprosessen med ulike målemetoder. Ved å benytte LPS kan prosjekteringsgruppen redusere sløsing i designet og dermed øke verdien (Ballard & Howell, 2003).

4.3.2 Måle prosent planlagt utført (PPU) i prosjekteringsprosessen

En av målemetodene som kan anvendes i LPS er prosent planlagt utført (PPU) (Ballard & Howell, 2003). I LPS benyttes måling av prestasjonen til planleggingsystemet som en viktig komponent for å forbedre oppfølgingen og planleggingen (Ballard & Howell, 2004). Måling av PPU med utgangspunkt i ukeplanen gir en indikator på effektiviteten og kvaliteten av Last Planners ukeplanlegging (Institute L.C, 2014). Målemetoden kan føre til en økning i effektiviteten i prosjekteringsprosessen, og det øker sjansen for at partene er ferdig med sin del av arbeidet til neste møte. PPU måler påliteligheten til planen som ble laget, med at den viser hvor mange løfter som ble gjort versus hvor mange som ble overholdt i prosent:

$$PPU = \frac{T_{ua}}{T_n} \times 100$$

T_{ua} = Utføre aktiviteter

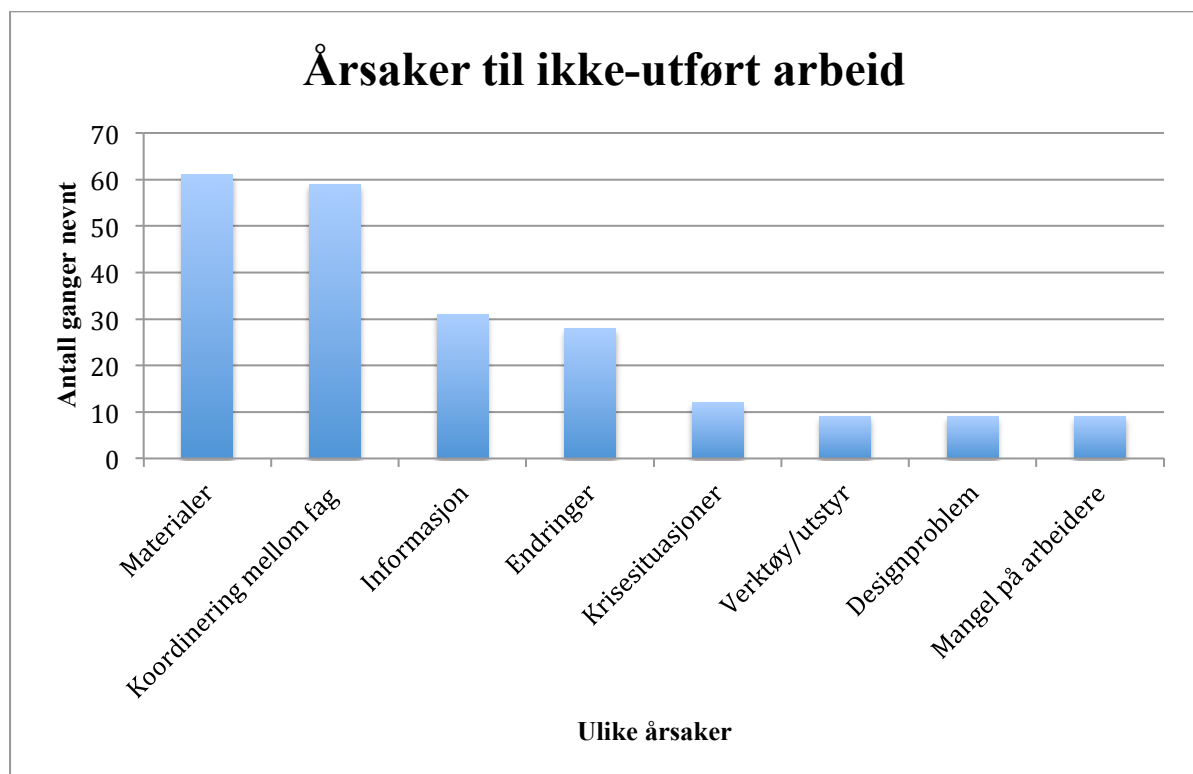
T_n = Totalt antall aktiviteter

Hver uke henger prosjektleder/prosjekteringsleder opp en oversikt over PPU for forrige uke (Ballard & Howell, 1998). Når målingene henger synlige for alle deltakerne kan dette virke som et indre insentiv for å holde planene Ved å dele PPU med alle som planlegger arbeid, danner de også et grunnlag for å etablere buffere mellom oppgavene (Macomber et al., 2005). Disse bufferne skal være hensiktsmessig med tanke på påliteligheten til deltakernes ferdigstillelse. Når deltakere vet hvor pålitelig andre deltakere er kan man ta hensyn til dette når løfter blir gjort og følgelig øke flyten i arbeidet. Målet er å øke PPU kontinuerlig opp mot 100% og metoden bygger på prinsippene om læring og forbedring. Målinger indikerer at ved å måle PPU øker produktiviteten, og i tillegg minker variasjonsområdet til produktiviteten (Ballard & Howell, 1998).

4.3.3 Årsak- virkningssanalyse til ikke-utførte oppgaver

Basert på registreringene av PPU kan en årsak-virkningsanalyse (eng: Root-Cause Analysis) gjennomføres som et verktøy for å oppnå kontinuerlig forbedring (Ballard & Howell, 2004). Formålet med denne analysen er å komme til bunns i hvorfor arbeidsoppgavene ikke ble utført som planlagt. PPU kan øke gradvis ved å eliminere grunner til ikke-utførte oppgaver. En årsak-virkningsanalyse kan hjelpe deltakerne med å få en bedre forståelse av prosjekteringsprosessens og byggeprosessens avhengigheter og den muliggjør for forbedringer underveis.

Årsakene til at oppgaver ikke ble gjennomført kan henges ved siden av oversikten over målingene av PPU (Ballard & Howell, 2004). Eksempler på årsaker kan være uforutsette forhold, problemer med designet, problem med tilgang og manglende beslutninger. Figur 15 viser en typisk årsaksanalyse som fremstiller hvorfor de ukentlige arbeidsoppgavene ikke ble utført. Mange av årsakene til ikke-utførte arbeidsoppgaver har entreprenøren kontroll over. I de ukentlige møtene kan de diskutere tiltak for å forhindre feil i planleggingen, hvor det legges vekt på læring i stedet for å skyldte på feil.



Figur 15: Oversikt over typisk årsaksanalyse, fritt oversatt fra (Ballard & Howell, 1998)

”5 Why”-årsaksanalyse

Årsaksanalysen med 5 why's er en metode for å identifisere årsaken til ikke-utført arbeid basert på hva som var planlagt (Insitute, L.C, 2014). Teknikken går ut på å stille fem spørsmål etter hverandre for og komme til bunns i hva som er utgangspunktet til problemet. Etter et spørsmål er stilt, stilles et ytterligere spørsmål for å komme lenger enn den åpenbare løsningen. 5 Why-analysen er en effektiv og enkel måte å gjøre folk klar over hva som var den egentlige årsaken til feil, samtidig som metoden krever lite tid og ressurser. En slik årsaksanalyse kan gjennomføres for å unngå at de samme feilene skjer igjen.

4.3.4 A3- rapport som et beslutningsverktøy i prosjekteringsprosessen

En A3-rapport er en ensides rapport utarbeidet på et enkelt A3-papir (420mmx297mm), med en spesifikk mal (Institute, L.C, 2014). A3-rapporten er et verktøy som kan benyttes når problemer skal løses. Hensikten med en slik A3-rapport er å fremstille all nødvendig informasjon slik at prosjekteringsgruppen enkelt og effektivt kan vurdere de ulike alternativene og komme frem til en løsning i konsensus. Følgelig kan bruken av A3-rapporten forbedre samarbeidet i prosjekteringsprosessen.

A3-rapporten illustrerer de ulike løsningene samtidig og informasjon er presentert på en måte som gjør det lett å forstå de ulike virkningene av de ulike løsningene (Forbes & Ahmed, 2011). A3-rapporten kan benyttes som et grunnlag for beslutningstaking i prosjekteringsmøtene og den gjør det mye lettere for kunden/eier å se hvordan de ulike løsningene påvirker designet.

Verktøyet stammer fra Lean Construction, hvor det er spesifisert at rapporten bør inkludere *'The Background, Problem Statement, Analysis, Proposed Actions, og The Expected Results'* (Institute, L.C, 2014). Ved å fremstille denne informasjonen på et enkelt A3-ark får man en rask og god oversikt over situasjonen. Informasjonen kan kommuniseres til alle deltakerne på relativt kort tid, sammenlignet med en omfattende rapport på flere sider. Anvendelse av A3-rapporter kan potensielt være tidsbesparende, ettersom gruppen slipper å produsere lange, omfattende rapporter, og de slipper å gjennomgå og vurdere disse omfattende rapportene. Bruk av A3-rapporter kan derfor bidra med å redusere sløsing av tid og ressurser i prosjekteringsprosessen. For å håndtere all informasjonen mellom de ulike aktørene og deltakerne er det fordelaktig å lage et standardisert format til A3-rapporten (Østby-Delgum et al., 2003). Figur 16 viser et eksempel på en mal til en A3-rapport, illustrert på en A4-side. Malen kan studeres nærmere ved å se vedlegg I.

MAL A3-rapport			
II. Bakgrunn		V. Alternativsvurdering	
-Hva er bakgrunnen for tiltaket? Hva skal gjøres?		-Sett opp de ulike alternativene og beskriv fremtidsfordelene med hvert alternativ -Vurder om alternativer kan oppfylle målene -Se på hvilket alternativ som er mest effektivt -Sett opp pris konsekvens og konsekvensene for fremdriftsplanen -Anbefale hvilket alternativ som skal velges	
I. Gjeldende forhold		VI. Handlingsplan	
-Presenter med tekst, figurer, tabeller, grafer etc.		-Hva skal gjennomføres? -Hver er ansvarlig for hva og når? -Før aktivitetene i planen	
III. Mål			
-Hvilke spesifikke resultater kreves?			
IV. Analyse		VII. Oppfølging	
-Årsaken og virkningen -Veig analyseverktøy		-Hvilke problemer kan oppstå? -Kontroller og gjør tiltak om nødvendig -Lær av erfaringer og del kompetansen	
Forfatter:	Dato:	Godkjent	Signatur:
Deltakere:	A3 nr:	Revisjon	Kommentar:

Figur 16: Eksempel på mal til A3-rapport, basert på Shook (2008)

5 BYGNINGSINFORMASJONSMODELLERING

5.1 Hva er BIM?

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er et tredimensjonalt (3D) modellerings-program der fysiske og funksjonelle egenskaper av bygningen er beskrevet (Forbes & Ahmed, 2011). Prosjekteringsens omfang, framdriftsplan og kostnadsinformasjon er koordinert i modellen. En bygningsinformasjonsmodell (BIM) er en dynamisk modell. Modellen kan sammenfatte all informasjon knyttet til anlegget, som fysiske og funksjonelle egenskaper samt livssyklusinformasjon. Informasjonen i modellen er parametrisk og sammenkoblet (Krygiel et al., 2008).



Figur 17: BIM-modell (Zeta Communities, 2015)

En bygningsinformasjonsmodell (BIM) er et verktøy som genererer og forvalter bygningsdata (Sacks et al., 2010). Dataene omfatter geografiske informasjonssystemer, geometri, mengder og egenskaper til bygningskomponenter. BIM anvendes til å oversette eierens verdipreposisjoner til spesifikke prosjektkrav, som bidrar til en kontinuerlig informasjonsflyt og god kommunikasjon mellom prosjektdeltakerne (Hattab & Hamzeh, 2013). BIM presenterer en digital illustrasjon av bygningen, se Figur 17. BIM muliggjør derfor for en involvering av eieren i større grad gjennom prosjekteringsprosessen. Modellen er tilgjengelig som et verktøy i beslutningstakingen for prosjekteringsgruppen og den gjør det mulig for eieren å gi tidlig tilbakemelding slik at omarbeid unngås. Dette kan føre til at kvaliteten av designet optimaliseres.

Det finnes ulike definisjoner av BIM og et problem i byggebransjen er at mange kun definerer det som et programvare (Krygiel et al., 2010). Krygiel et al. (2010) understreker at i tillegg til at BIM er et programvare skaper det også en metodikk og en prosess. Definisjonen på BIM er i følge Krygiel et al., (2010) og Insitute L.C (2014):

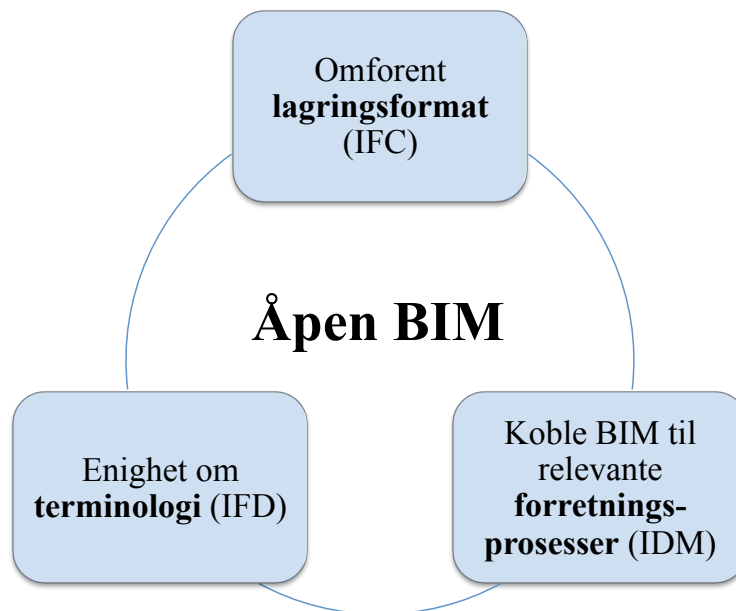
“BIM is defined as the creation and use of coordinated, consistent, computable information about building project in design- parametric information used for design decision making, production of high-quality construction documents, prediction of building performance, cost estimating and construction planning” (Krygiel et al., 2010)

“BIM - the process of generating and managing building data during the life cycle of a building” (Institute L.C, 2014)

5.2 Introduksjon til BIM

BIM beskriver informasjonen som kreves i prosjektering, bygging og drift av bygninger (Statsbygg, 2013). BIM-modellen kan blant annet benyttes til mengdeberegning, kollisjonskontroll og 4D-simulering. BIM gjør det mulig å benytte seg av mengdeuttak (eng: Quantity Take Off (QTO)) og øker muligheten for å finne den optimale utformingen (Knotten & Svalestuen, 2014). Det er viktig å ha en godt og oversiktlig filsystem, samt en nedbrytningsstruktur som sammenfaller med den fysiske monteringen av prosjektet for å oppnå en god BIM-modell. Modellen hjelper entreprenører, designere og eiere med å administrere komplekse prosjekt som har en stor mengde informasjon (Krygiel et al., 2008). BIM gjør det enklere å systematisere bruken av informasjonsteknologi i prosjekteringen og informasjon kan kobles til ulike objekter i tegningene (Westgaard et al., 2010).

Det er viktig med god kommunikasjon mellom aktørene i byggeprosessen for å utnytte BIM mest mulig effektivt (Westgaard et al., 2010). Statsbygg (2010) beskriver tre hovedelementer som må tilrettelegges for en optimal utnyttelse av BIM. Disse elementene er omforent lagringsformat, enighet om terminologi og kobling av BIM til relevante forretningsprosesser. Hovedelementene for åpen BIM betegnes som BIM-trekanten, som er illustrert i Figur 18.



Figur 18: Åpen BIM, basert på Statsbygg (2010)

De åpne standardene i BIM er IFC (datamodell), IDM (prosess) og IFD (dataordbok) (buildingSMART, 2015). Disse hjelper med å skape en konsistent og jevn informasjonsflyt på tvers av alle de involverte aktørene og fasene i hele verdikjeden. Den internasjonale organisasjonen buildingSMART utvikler og vedlikeholder disse standardene.

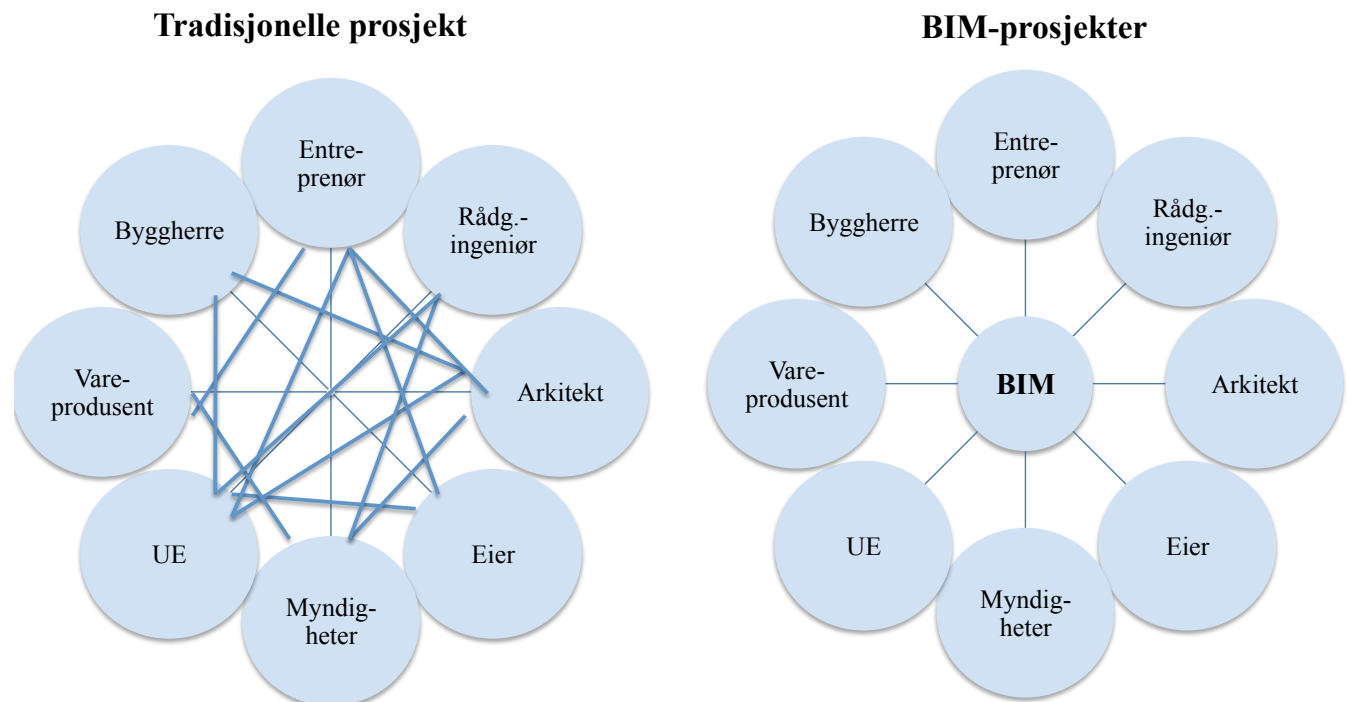
Lukket BIM er definisjonen på bruken av BIM når de ulike rådgiverne arbeider med BIM-modellen i egen programvare, hvor informasjon blir lagret i et lukket format som ikke kan deles med andre (Eastman et al., 2011). I lukket BIM er det i hovedsak kun den geometriske informasjonen som utveksles, mens den ytterligere informasjonen produsert av en rådgiver kun er tilgjengelig i den samme programvare som rådgiveren har benyttet. Dette hemmer informasjonsflyten og -delingen i prosjekteringsprosessen.

5.3 Hva er et BIM-prosjekt?

Grunnet de mange definisjoner av BIM kan også BIM-prosjekt oppfattes og defineres på ulike måter avhengig av bedriftens bruksområder. BIM blir oppfattet som et program, en prosess for å prosjektere og dokumentere informasjon om bygningen, og som en ny tilnærming til byggebransjen (Aranda-Mena et al., 2008).

I et BIM-prosjekt utvikles en felles 3D-modell gjennom tverrfaglig arbeid (Westgaard et al., 2010). Grensesnittene og rutiner for hvem som har ansvar for hva i modellen må avklares. I tillegg må det avklares hva som skal gjøres i modellen til gitte tidspunkt og det burde etableres en åpen tverrfaglig kontroll. Det er viktig at alle deltakerne tar ansvar for modellen. Prosjektlederen har som oppgave å sørge for at deltakere ikke trekker seg fra dette ansvaret.

Kommunikasjonen og informasjonsutvekslingen i et BIM-prosjekt har et felles referansepunkt i BIM-modellen, dette er illustrert i Figur 19 (Rekola et al., 2010, og Chen et al., 2004). Et BIM-prosjekt kan følgelig forbedre kommunikasjon mellom de ulike fagene, og dette kan føre til en forenklet koordinering. Bruken av BIM muliggjør også for en bedre utnyttelse av den tilgjengelig informasjon.



Figur 19: Kommunikasjonen og informasjonsutvekslingen i BIM-prosjekter vs. tradisjonelle prosjekter, basert på Chen et al (2004), Hattab & Hamez (2013), og Veidekke, (2013)

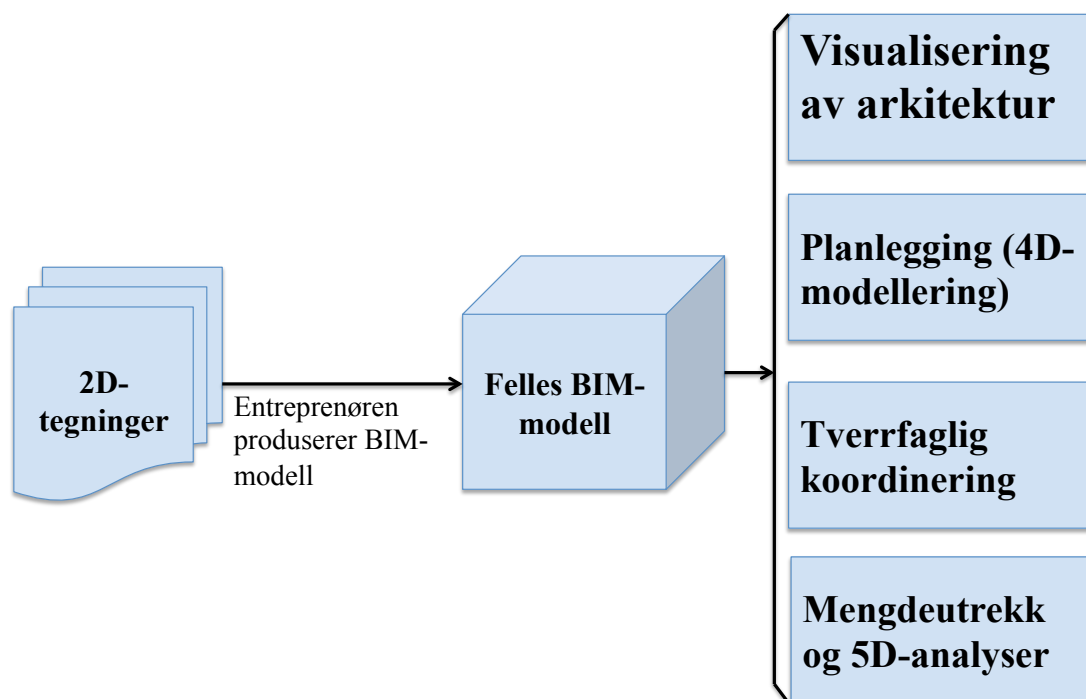
For å lykkes med et BIM-prosjekt er det nødvendig å ha et godt samarbeid i prosjekteringsprosessen (Deutsch, 2011). En integrert prosjekteringsgruppe kjennetegnes ofte av at gruppen har et godt samarbeid og en god informasjonsdeling hvor deltakerne styres av tillitt. BIM er et viktig hjelpemiddel i integrert prosjektering og støtter denne måten å prosjektere på (Westgaard et al., 2010). Den integrerte prosjekteringsgruppen kan benytte BIM til å visualisere prosjektet, analysere løsninger og vurdere eventuelle konflikter sammen. Prosjekteringsgrupper som er integrerte kan lettere utnytte den eksisterende teknologien og de mulighetene som ligger i BIM.

Integrated Project Delivery (IPD) er den optimale gjennomføringsmodellen for et BIM-prosjekt, der BIM benyttes som et verktøy for samarbeid (Eastman et al., 2011). I IPD har eieren, arkitekten, de prosjekterende, entreprenøren og nøkkelleverandørene en felles kontrakt som fører til at de arbeider sammen fra starten av prosjektet. Selv om noe av den potensielle verdien entreprenøren kan bidra med ikke blir utnyttet i tradisjonelle gjennomføringsmodeller som en totalentreprise, er det fortsatt mange fordeler ved å benytte BIM som kan støtte arbeidsprosessen og fremme samarbeid.

5.4 Bruksområder til BIM

BIM kan benyttes som et verktøy for å forbedre koordineringen mellom alle de involverte fagdisiplinene (Sacks et al., 2010). Informasjon er digitalisert, og de ulike fagene kan hente ut nødvendig informasjon til ønsket tid. I tillegg hjelper BIM-modellen med å forbedre samhandling på tvers av de ulike disiplinene, gi oversikt og legge til rette for koordineringen. Ved bruk av åpen BIM der datautvekslingen er åpen mellom de aktuelle interessentene i BAE-verdikjeden kan man oppnå formål som har en produktivitetseffekt (Statsbygg, 2013). Noen av BIM-formålene som er implementert i Statsbygg (2013) og som er relevante for prosjekteringsgruppen til entreprenøren er visualisering av arkitektur, BIM-validering og mengdeuttrekk. Figur 20 illustrerer utviklingen av BIM og dens hovedbruksområder.

- **Visualisering av arkitektur**
BIM kan fremstille en illustrasjon av den arkitektoniske utformingen (Statsbygg, 2013). Formålet er å formidle utformingen av bygget mellom de aktuelle interessentene, samt eieren av bygget.
- **BIM-validering/konsistenskontroll**
Det er nødvendig med en konsistent BIM for at man skal kunne dra nytte av den (Statsbygg, 2013). Hvis man ikke vet at modellen er konsistent kan man ikke stole på informasjonen. En BIM-validering er derfor en forutsetning for de andre formålene til BIM.
- **Mengdeuttrekk**
Det kan tas mengdeuttrekk av en BIM-modell som blant annet kan benyttes til kostnadsestimering, beregning av livssyklus kostnader, og beregning av CO₂-utslipp fra materialer (Statsbygg, 2013). Fra en åpen BIM kan mengdene identifiseres ved å måles/analyseres ut fra objektens geometri, eller de kan leses ut fra objektets attributter.
- **Tverrfaglig koordinering av prosjektert 3D-geometri**
BIM kan benyttes som et verktøy for å koordinere de ulike fagene hvis entreprenøren har produsert en fullstendig bygningsinformasjonsmodell (Eastman et al., 2010).



Figur 20: Utvikling av BIM-modell og dens hovedbruksområde, basert på Eastman et al. (2010)

Figur 20 illustrerer at en felles BIM-modell som er fullstendig kan benyttes som et planleggingsverktøy og tilfredsstillende alle formålene listet til høyre i figuren (Eastman et al., 2010). Hvis entreprenøren bare produserer en 3D-modell som ikke inneholder parametriske komponenter kan modellen kun anvendes som en visuell illustrasjon av prosjektet (Eastman et al., 2010). Tilfellet når entreprenøren produserer en 3D-modell som inneholder noen BIM komponenter muliggjør bare noe koordinering og mengdeuttrekk. En fullstendig og felles BIM-modell blir grunnlaget for all byggeaktivitet og gir mye høyere nøyaktighet enn 2D-tegninger. Andre bruksområder BIM-modellen kan benyttes til er blant annet som et verktøy for planlegging av prosjektfremdrift og ressursallokering (4D-analyse) og kostnadsanalyse (5D). Bruksområdene er listet punktvis nedenfor. Figur 21 illustrerer flere oppgaver BIM kan benyttes til med åpne standarder.

- **Planlagt prosjektfremdrift og ressursallokering (4D-analyse)**

I en 4D-analyse legges fremdriftsplanen til 3D-modellen og modellen får en ny dimensjon (Eastman et al., 2010). Modellen kan da benyttes i fremdriftsplanleggingen i prosjekteringsprosessen, og gjør det mulig for planleggerne å gjennomgå og endre planene hyppigere. Dette fører til at fremdriftsplanene blir mer pålitelige. 4D-modellene gjør det mulig for entreprenøren å evaluere og planlegge sekvensen til aktivitetene i prosjektet. Denne informasjonen kan enkelt deles med alle i prosjekteringsgruppen. 4D-modellen benyttes i hovedsak som et kommunikasjonsverktøy for å avsløre potensielle flaskehalser og det er en metode for å forbedre samarbeidet i prosjektgruppen. Noen av fordelene med 4D-modeller er presentert

i

Tabell

7.

Fordeler	Beskrivelse
Kommunikasjon	Planleggerne kan visuelt kommunisere den planlagte prosessen med alle aktørene i prosjektet. 4D-modellen består av både tidsmessige og arealmessige forhold av planen, og den blir kommunisert mer effektivt enn i et tradisjonelt Gantt diagram
Innspill fra flere aktører	4D-modellen kan benyttes for å presentere prosjektet til relevante aktører (for eksempel kommunen) om hvordan for eksempel prosjektet vil påvirke trafikken, tilgang til sykehus eller andre kritiske faktorer som angår kommunen
Byggeplass logistikk	Planleggerne kan administrere oppbevaringsområdet på byggeplassen, tilgang til og fra området, plassering av stort utstyr og brakker
Koordinering av fagene	Planleggerne kan koordinere de ulike fagene i henhold til tidsbruk og plassbruk
Sammenligning av planer og måling av byggeprosessen	Planer kan sammenlignes enkelt og man kan raskt identifisere om prosjektet går som planlagt eller om det ligger bak planen

Tabell 7: Fordeler med 4D-BIM, basert på Eastman et al. (2010)

- **Kostnadsanalyse(5D-analyse)**

5D-analysen representerer en BIM-modell hvor informasjon om kostnader også er lagt til modellen som en ekstra dimensjon (Eastman et al., 2010). BIM tillater mengdeuttrekk av komponenter som volum av områder og mengder av material. Disse mengdene er tilstrekkelige for å produsere et omtrentlig kostnadsestimat. Prosjekteringsgruppen kan benytte tallene fra modellen til kostnadsestimering gitt at modellen er utviklet med et tilstrekkelig nivå av detalj. Metodene for hvordan kostnadsanalysen kan gjennomføres er:

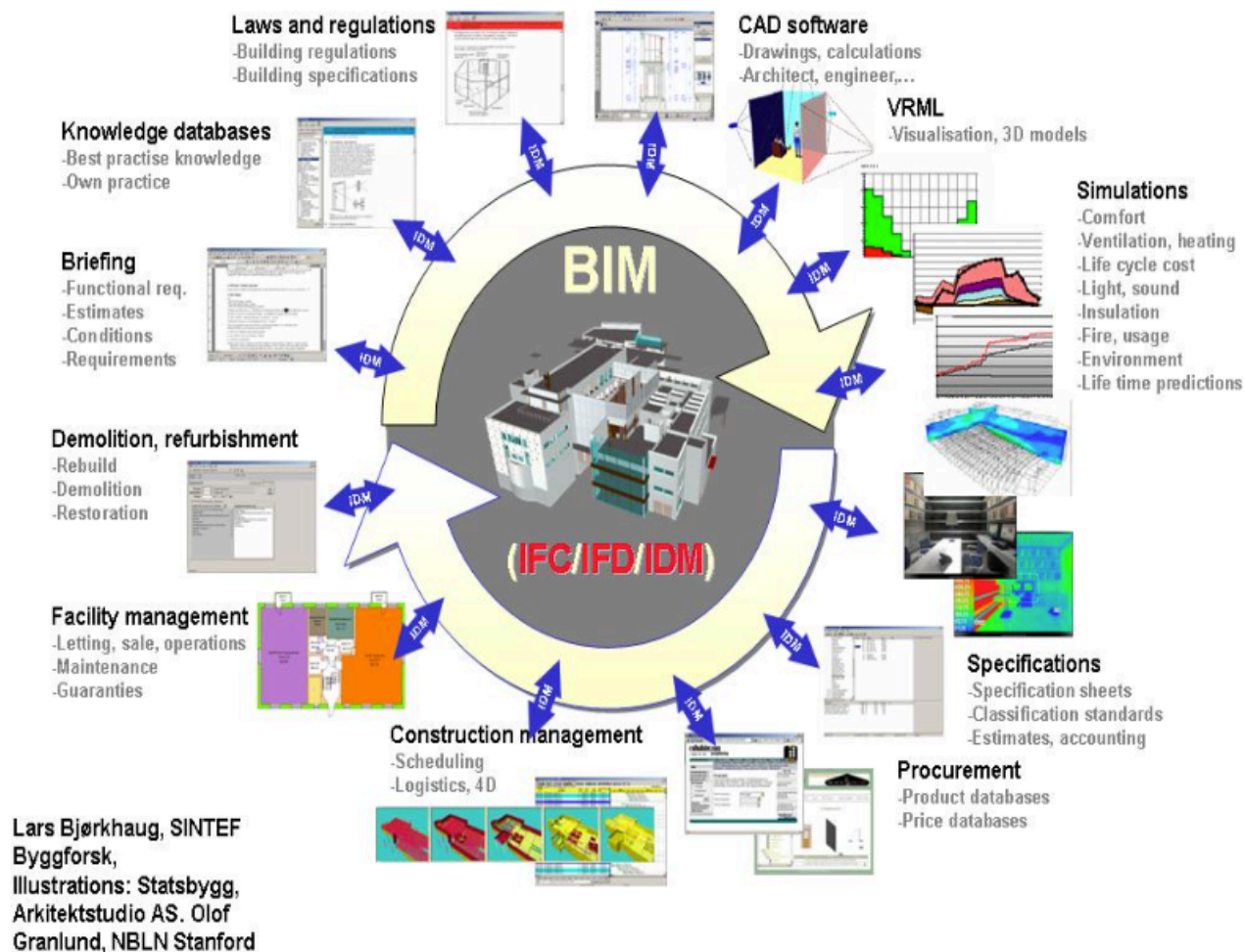
1. Eksport av bygningsdata til et estimeringsprogramvare
2. Koble BIM-verktøyet direkte til et estimeringsprogramvare
3. Bruk et BIM 'Quantity Takeoff Tool' (for eksempel Autodesk QTO)

- **Kollisjonskontroll**

Kollisjonskontroll-verktøy i BIM tillater en automatisk kollisjonsgjenkjenning for å identifisere sammenstøt (Eastman et al., 2010). Kollisjonskontrollen kan gjennomføres selektivt for å sjekke om det er konflikter mellom bestemte elementer som for eksempel mellom konstruksjonselementer og rør. Kollisjonskontrollen kan gjennomføres for alle de ulike bygningssystemene og fagene i 3D-modellen. Det er nødvendig å ta hensyn til graden av detalj som er brukt når modellen er konstruert. I tillegg kan Soft Clash Analyses gjennomføres. Slike sammenstøt-analyser identifiserer punkter hvor avstanden fra et element som for eksempel mekaniske komponenter til gulvet er mindre enn hva som er tillatt.

- **Diverse analyser**

BIM-modellen kan benyttes til å gjennomføre bygningstekniske analyser, akustiske analyser, sikkerhets-og sirkulasjonsanalyser, branntekniske analyser, energianalyse og analyse av lysforhold (Statsbygg, 2013). Modellen kan også benyttes til å gjennomføre miljøanalyser i forhold til BREEAM- og LEED-sertifisering, samt analyser av samsvar med byggeforskrifter.



Figur 21: Bruksområder til åpen BIM (Westgaard et al., 2010)

5.5 Fordeler med bruk av BIM

En riktig implementering av BIM fører til en mer integrert prosjekteringsprosess, noe som kan resultere i økt kvalitet på bygningene for en lavere kostnad og med redusert prosjektvarighet (Sacks et al., 2010). Ved å benytte BIM kan avgjørende beslutninger gjøres tydeligere med bedre kommunikasjon på et tidligere tidspunkt (Westgaard et al., 2010).

Bruken av BIM-verktøy har mange synergier med Lean prinsippene (Forbes & Ahmed, 2011). Dette gjelder spesielt prinsippene for å øke gjennomsiktigheten (eng: transparency), redusere sløsing og minimere inventar. En implementering av BIM gjør det mulig å transformere den tradisjonelle prosjekteringsprosessen til en Lean prosjekteringsprosess. Ved å benytte BIM-modellen kan følgelig den samlede verdien i prosjektet øke (Hattab & Hamzeh, 2013). Noen av fordelene med bruk av BIM som kan øke verdien er:

BIM legger til rette for koordinering

Et nært samarbeid og en god koordinering mellom entreprenøren og underentreprenørene er en fordel som følger av en implementering av BIM (Eastman et al., 2011). Dette legger til rette for en nøyaktig kollisjonskontroll, samt korleksjon av konstruksjonsfeil før de blir problemer på byggeplassen. Ved å benytte BIM i koordineringsprosessen kan sekvensen enklere planlegges (Institute, L.C, 2014). 4D-modellering i BIM kan benyttes for at arbeidslagene skal få en bedre forståelse av arbeidssekvensen. Når man utfører en slik 4D-

modellering trenger ikke modellen å være like nøyaktig (Eastman et al., 2011). Modellen må derimot inneholde informasjon om hvordan byggingen skal utføres med sekvenser og metoder, samt inneholde midlertidige arbeider som stillaser og graving.

BIM fører til bedre kommunikasjon og samarbeid

BIM bidrar til å skape en plattform for kommunikasjon- og informasjonsutveksling knyttet til utformingen av produktet og leveringsprosessen (Forbes & Ahmed, 2011). Ved å benytte seg av en 3D-modell tidlig i prosjektet, kan prosjekteringsgruppen formidle utformingen av prosjektet til de aktuelle interessentene og aktørene. Bruken av modellen bidrar til at prosjekteringsgruppen skaper en felles visjon av bygningen og dens ønskede funksjoner. I følge Krygiel et al. (2008) tilrettelegger BIM for kommunikasjon mellom deltakerne og de får en bedre forståelse for designproblemene. Dette resulterer i at deltakerne kan samarbeide om å finne de optimale løsningene på designet (Krygiel et al., 2008).

BIM kan øke gjennomsiktigheten (eng: transparency)

Bruken av BIM har i hovedsak vært for visualisering (Sacks et al., 2010). BIM representerer en virtuell mock-up av konstruksjonen. Ved å ha en komplett 3D-model kan kunden, samt prosjektdeltakerne få en bedre forståelse av den tenkte utformingen av konstruksjonen. En detaljert BIM-modell gjør det lettere å få kunnskap og oversikt over hva som kan forbedres. BIM er et utmerket verktøy for å øke gjennomsiktigheten av planene for alle involverte, selv for de uten teknisk bakgrunn. Årsaken til det er at det er enklere å kommunisere visuelt med de aktuelle interessentene enn ved å benytte vanskelige tekniske begrep. Fordelen med å kunne konstruere bygningen visuelt før man konstruerer den fysiske fører til at BIM øker nøyaktigheten til mengdeberegning og kvaliteten på bygningen (Krygiel et al., 2008).

BIM kan hjelpe å redusere sløsing (eng: waste)

BIM er et svært nyttig verktøy for prosessen med å evaluere forskjellige designmuligheter i prosjekteringsprosessen (Sacks et al., 2010). Modellen hjelper kunden og prosjektdeltakerne med å samarbeide om og utvikle et design som kan skape mest mulig verdi for kunden, og kan derfor bidra til å redusere unødvendig sløsing. Når underentreprenørene og spesialistene bruker BIM kan de komme med forslag for å oppnå et mer optimalt design. Modellen legger til rette for oppdatert informasjon og gjør det mulig for prosjekteringsledelsen å ta raskere avgjørelser.

BIM er en virtuell informasjonsmodell hvor informasjon om egenskapene til materialer kan lagres og tas ut fra modellen (Sacks et al., 2010). Ved å bruke BIM kan man derfor redusere tapet av informasjon mellom prosjektdeltakerne og dermed kan sløsing og ineffektivitet i utformingen minimeres (Forbes & Ahmed, 2011)..

BIM kan minimere inventaret

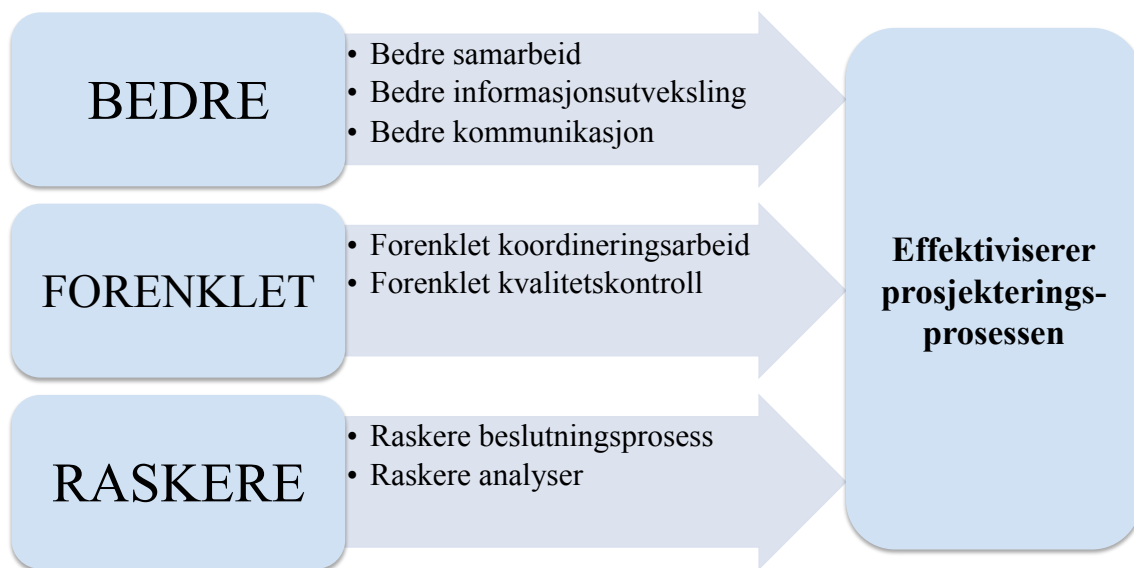
I BIM-modellen er det mulig å legge inn informasjon om hver enkelt komponent og materiale (Sacks et al., 2010). Ved å markere et element i modellen er det da mulig å hente ut informasjon om antall elementer som må bestilles. Dette gjør prosessen med bestilling av inventar mye enklere og øker nøyaktighetsgraden slik at inventaret er minimert. Det er også mulig å legge til informasjon om kostnader til hvert element slik at BIM-modellen kan benyttes når de totale kostnadene for bygningen skal estimeres.

5.6 Påvirkning på prosjekteringsprosessen

BIM påvirker prosjekteringsprosessen, og en digital 3D-modell endrer måten å prosjektere på (Sacks et al., 2010). BIM benyttes som et verktøy for å forbedre koordineringen mellom alle de involverte fagdisiplinene og bidrar til en bedre samhandling i prosjekteringsgruppen. De ulike fagene kan hente ut nødvendig informasjon til ønsket tid av en felles IFC-modell, noe som gjør prosessen lettere og mer effektiv for prosjekteringsmedlemmene. Dette oppmuntrer deltakerne til å aktivt søke nødvendig informasjon.

I koordineringsprosessen gjør BIM det mulig for prosjekteringsgruppen å kommunisere og planlegge sekvensen og logistikken for arbeidet i prosjektet (Sacks et al., 2010). Dette fører til at prosjekteringsgruppen kan utnytte nedstrøms prosesskunnskap (eng: downstream process knowledge) mye mer effektivt og dermed forbedres prosjekteringsprosessen.

En av påvirkningene BIM har på prosjekteringsgruppen er at den forbedrer kommunikasjonen mellom deltakerne, denne og flere påvirkninger BIM har på prosjekteringsprosessen er illustrert i Figur 22. BIM blir brukt til å visualisere bygningen i 3D og dette gjør det enklere for alle deltakerne å jobbe sammen for å optimalisere designet basert på eierens visjon (Forbes & Ahmed, 2011). Ved bruk av BIM illustreres de ulike alternativene enkelt og dermed blir beslutningsprosessen med å finne de optimale designløsningene raskere. Implementering av BIM fører til bedre samarbeid blant deltakerne og bidrar til å effektivisere prosjekteringsprosessen, se Figur 22.



Figur 22: BIM's påvirkning på prosjekteringsprosessen, Bedre-Forenklet-Raskere prosess, basert på Forbes & Ahmed (2011), og Sacks et al. (2010)

BIM har endret hvordan deltakere i et prosjekt ser på hele byggeprosessen (Krygiel & Nies, 2010). Med BIM utvikler man en parametriske 3D-modell som anvendes til å autogenerere de tradisjonelle prosjekteringsoppgavene som før ble gjort manuelt. Endringer som foretas for et element i den interaktive modellen blir automatisk endret for resten av modellen. Systemet gir en enestående kontroll over kvaliteten og koordineringen av prosjektgrunnlaget, noe som forenkler koordineringsarbeidet og kvalitetskontrollen. Prosjekteringsgruppen kan også bruke BIM-modellen for å gjøre en rask analyse av energibruk og materialforbruk og dette sparer dem mye tid.

5.6.1 Prosjekteringsledelsen i BIM-prosjekt

Bygningsinformasjonsmodellering betegnes som et paradigmeskift og skaper store forandringer i prosjekteringsprosessen (Eastman et al., 2011). Bruk av BIM legger til rette for at prosjekteringsledelsen kan få en bedre kontroll og oversikt over det prosjekterte materialet og prosjektinformasjon (Moud, 2013). Det er fire perspektiver på BIM i prosjekteringsprosessen er i følge Eastman et al. (2011):

- Det konseptuelle designet
- Bruk av BIM for design og analyse
- Bruk av BIM som grunnlag for produksjon
- Bruk av BIM som grunnlag for integrasjon mellom design og bygging

Bruk av BIM i prosjekt har mange fordeler og noen av gevinstene det har på prosjekteringsledelsen er presentert i Tabell 8.

Påvirkning	Gevinst for prosjekteringsledelsen i BIM-prosjekt
Bedre samarbeid	En implementering av BIM legger til rette for tidligere samarbeid mellom ulike fagdisipliner
Forbedret informasjonshåndtering	Ved bruk av BIM blir informasjonshåndteringen enklere siden all informasjon kan lagres i modellen. I tillegg blir informasjonsutvekslingen mellom aktørene forbedret
Nøyaktig fremstilling av bygget	BIM-modellen gjør det mulig for prosjekteringsledelsen å benytte nøyaktig visualisering for å gi prosjekteringsgruppen, brukere og aktører en bedre forståelse av bygget og prosessene bak, samt gir dem muligheten for å komme med tilbakemelding
Bedre kontroll av bygningsdata	Bruk av BIM gjør det lettere å ha forståelse for livsløpskostnader, det gir bedre tilgang til detaljene i designet og en bedre oversikt over det prosjekterte materialet. Det er også mulig for prosjekteringsgruppen og uthente mengder og kostnadsestimater underveis i prosjekteringen
Effektiv utforming av produksjonsgrunnlaget	I programvaren i BIM kan man bruke standardiserte og ferdig definerte løsninger
Effektiv utforming av design	BIM muliggjør for prosjekteringsgruppen og effektivt analysere de ulike designalternativene og velge den beste løsningen basert på kostnader, budsjett og omfang
Raske og informerte beslutninger	Bruk av BIM fører til rask tilbakemelding og styrker kvaliteten til beslutningene
Forenklet kvalitetskontroll	Ved bruk av BIM kan man kontrollere at de løsningene som prosjekteres kan bygges med kollisjonskontroll. Modellen kan benyttes til å gjennomføre automatiske korreksjoner ved endringer
Effektiv prosjekteringsprosess	4D- og 5D- analyser i BIM kan benyttes. Dette kan føre til en effektivisert prosess med forbedret design, færre byggefeil samt redusert kostnad og tid (Moud, 2013)

Tabell 8: Påvirkning på prosjekteringsledelsen i BIM-prosjekt, basert på Eastman et al. (2011), Azhar et al. (2008), CRC (2007)

Elementene i BIM-modellen kan knyttes til spesifikke faser i prosjekteringsprosessen og man kan bruke dette for å måle hvor langt man er kommet i forhold til planen (Eastman et al., 2011). Prosjekteringsledelsen i BIM-prosjekt muliggjør for effektivisering ved å måle fremdriften i prosjekteringsprosessen. Ved bruk av BIM blir prosjekteringsledelsen mer

fokusert rundt visualisering av bygget, og en slik tredimensjonal modell gir dem en større forståelse.

En av hovedoppgavene til prosjekteringsledelsen i BIM-prosjekt er å definere hvor omfattende modellen skal være, hvilken informasjon som skal inn og når (Kymmell, 2008). Ved implementering av BIM bør prosjekteringsledelsen besvare følgende spørsmål i følge Kymmell (2008):

- Hvilket detaljeringsnivå skal modellen ha?
- Hvem har ansvar for hva?
- Hvilken informasjon skal modellen inneholde?
- Når skal informasjon tilføres modellen?
- Hvilke leveranser skal produseres ut fra BIM-modellen?

5.6.2 Nye roller og ansvarsområder som følge av BIM

BIM bidrar til en utvikling av integrerte arbeidsmåter som stiller nye krav til prosjekteringsledelsesfunksjonen (Westgaard et al., 2010). Det er viktig at aktørenes modellinformasjon blir samlet i en felles modell for å få en vellykket bruk av BIM. Modellen gir grunnlag for nye ferdigheter og endringer i roller og relasjoner mellom partene i prosjekteringsgruppen (Sacks et al., 2010). Ved bruk av BIM for å utføre mengde- og kostnadsberegninger, kontrollere energibruk og eventuelle konstruksjonsfeil samt sjekke mot lover og forskrifter påvirkes ansvarsforholdet og ansvarsdelingen mellom de prosjekterende (Westgaard et al., 2010). Det stilles krav til prosjekteringsledelsen ved bruk av BIM, og som følge av BIM kan det skapes noen nye roller:

Prosjekteringsleder (PRL) - PRL har ansvar for at det er en sentralt ansvarlig BIM-leder (Westgaard et al., 2010). En BIM-leder kan eventuelt være en del av PRL funksjonen, men i større prosjekter kan BIM-leder være en egen rolle. PRL må definere ansvar for at modellen utvikles og ajourføres. I tillegg må PRL sikre at felles BIM-rutiner og manualer etableres. Det er prosjekteringslederens ansvar å koordinere aktørene og sørge for at de benytter IFC-standarden, noe som forenkler prosessen med å samle modellinformasjon i en felles modell.

BIM-koordinator/ BIM-operator - har som oppgave og samkjøre modell-filene fra de ulike fagene til en felles modell (Eastman et al., 2011). Alle avtalte filer skal lastes opp i forkant av et prosjekteringsmøte. BIM-koordinator er ansvarlig for at en kollisjonskontroll gjennomføres og at modellen er tilgjengelig for alle i prosjekteringsgruppen over intranett. I følge Kymmell (2008) stiller denne rollen større krav til verktøy-relaterte egenskaper siden BIM-operatoren utfører modellering, analyserer modellen og prosesserer informasjon.

BIM-leder/BIM-manager – har ansvar for å lede den BIM-relaterte prosessen (Kymmell, 2008). Rollen som BIM-leder er definert av Westgaard et al. (2010) som: *”en teknisk relatert oppgave knyttet til dokumentasjon, fremstillingsmåte og produksjon”*. BIM-lederen har ansvar for at datainnholdet i modellen er oppdatert i forhold til hvor man er i prosessen (Westgaard et al., 2010).

I tilfeller der eier ikke stiller krav til bruk av BIM er det ekstra viktig med en BIM-leder for at bedriften skal oppnå de potensielle fordelene som det er mulighet for i et BIM-prosjekt (Eastman et al., 2011).

BIM-fasilitator- har ansvar for å bistå brukerne med bruk av BIM-modellen (Kymmel, 2008). Dette er nødvendig ved innføring av ny teknologi og hvis prosjekteringsgruppen ikke har tidligere erfaring med BIM.

De tre rollene i følge Kymmel (2008) som er BIM-manager, BIM-operator og BIM-fasilitator er benyttet i internasjonal litteratur. I bygge- og anleggsbransjen i Norge er det hovedsakelig rollen som BIM-koordinator som er med i BIM-prosjekt, og ellers fordeles ansvaret som følge av BIM på prosjektdeltakerne.

Bruk av BIM påvirker arbeidsdelingen mellom fagene og det er viktig og avklare hvem som skal ha ansvar for å bearbeide modellen til ulike tidspunkt (Westgaard et al., 2010). Det må også avklares hva prosedyren for endringer er, samt hvordan de ulike objektene i modellen defineres og avgrenses. I tillegg må det avklares hvem som skal overvåke utviklingen av modellen.

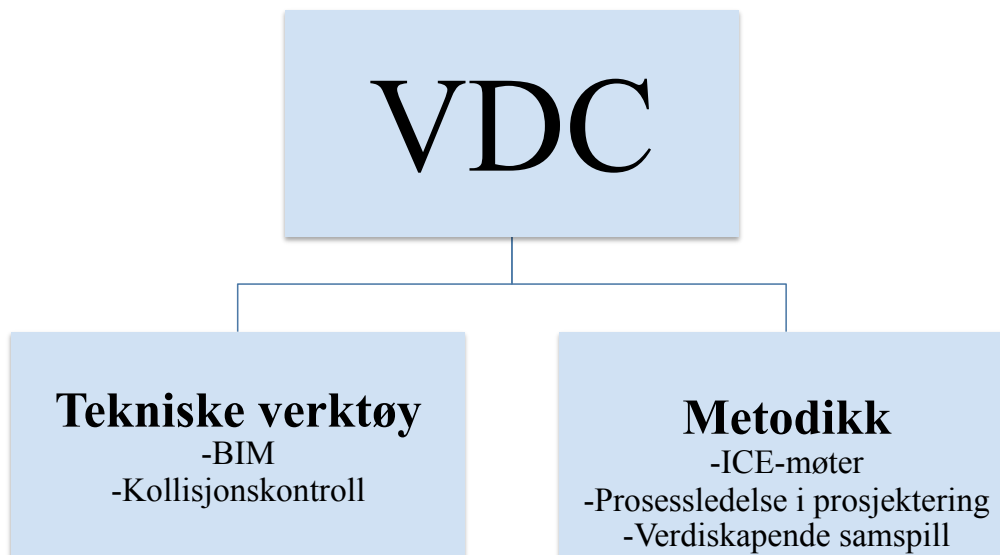
6 VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION

6.1 Introduksjon til VDC

Virtual Design and Construction (VDC) er en metodikk og et rammeverk utviklet av Center of Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University i USA i 2001 (Khazode et al., 2006). VDC blir definert av Kunz og Fischer (2012) som: *"the use of integrated multidisciplinary performance models of design-construction projects to support explicit and public business objectives"*.

VDC er basert på Lean-filosofi, med fokus på å øke verdien i prosjekt, samt eliminere sløsing (Khazode et al., 2006). VDC er både implementering av nye tekniske verktøy som BIM og en metodikk, se Figur 23. Konseptet VDC kan derfor hjelpe med å få en mer helhetlig implementering av ny teknologi som BIM og Integrated Concurrent Engineering (ICE).

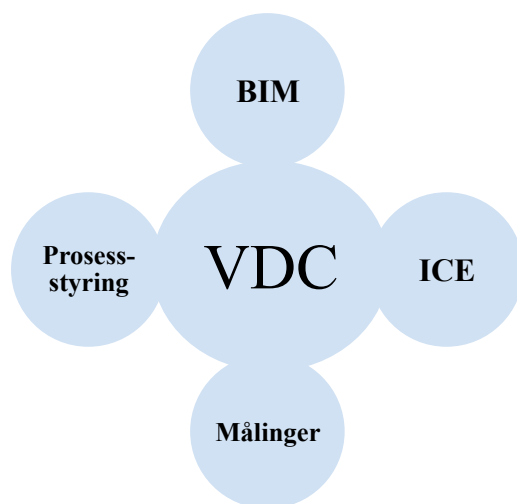
Tidlig i prosjekteringsprosessen blir interessenter som eier, arkitekt, rådgivende ingeniører og entreprenører samlet i et oppstartsmøte som skal forbedre godt samarbeid mellom deltakerne (Kunz & Fischer, 2009). I møtene blir VDC-modellen visualisert og modellen blir avklart for prosjektet.



Figur 23: VDC er både en implementering av tekniske verktøy og en metodikk, basert på Veidekke (2013)

Virtual Design and Construction vektlegger aspektene produkt, organisasjon og prosess (Kunz & Fischer, 2009). Ved å implementere VDC kan en produsere virtuelle modeller av produktet, organisasjonen og prosessen i en tidligfase av prosjektet, før en stor andel av ressurser som tid og penger er brukt. De virtuelle modellene kan inneholde informasjon om produktbeskrivelsen, organisasjonen, tidsplanen og beslutninger om prosjektets omfang. Modellen er virtuell og viser dermed databaserte beskrivelser av prosjektet. Disse modellene anvendes til å simulere kompleksiteten i byggeprosjektets levering. Modellene kan få tilgang til all data, og når en endrer ett aspekt i en av modellene, endres aspektene i de andre integrerte modellene. Den virtuelle modellen benyttes også til å ta opp eventuelle problemer og farer som kan oppstå i prosjektet. Dette kan føre til at et firma kan nå målene for prosjektet ved å påvirke produktet, prosessen og organisasjonen.

VDC fokuserer på en teknologiutnyttelse for å øke måloppnåelsen i prosjekt (Khanzode et al., 2006). I VDC-prosjekt benyttes virtuelle hjelpemidler, metoder og verktøy for å effektivisere prosjektarbeidet og redusere unødvendig arbeid. De fire hovedelementene i VDC beskriver hvordan prosjekteringen gjennomføres, se Figur 24.



Figur 24: De fire hovedelementene i VDC

6.1.1 Prosesstyring - planlegging og kontroll av prosess

Produkt-Organisasjon-Prosess (POP)-modellen i VDC tillater prosjekteringsgruppen å identifisere hvordan en forandring i produktet, organisasjonen og prosessen påvirker prosjektet som en helhet (Khanzode et al., 2006). POP-modellen er altså et verktøy for planlegging og kontroll av prosessen og produktene, og modellen kan hjelpe med å utvikle 4D-modellen i BIM.

I POP-modellen inngår funksjonen i kolonne 2, designalternativet med omfang i kolonne 3, og den anslåtte virkningen av dette i kolonne 4, se Figur 25 (Kunz & Fischer, 2012). Prosjektelementer inkluderer produktet, organisasjon og prosessen, og disse elementene er illustrert i Figur 25. Produktet kan typisk være et anlegg (rad 2). Organisasjonen designer, bygger og drifter anlegget (rad 3). Nederst i rad 4 er prosessen som organisasjonen følger mens den utfører prosjektarbeidet fremstilt.

	Function: Objectives	Form/Scope: Design choices	Behavior: predictions
Product	spaces, elements and systems	Designed spaces, elements and systems	Predicted cost (\$)
	Measurable Objectives	Values	Predictions; Assessed values
Organization	Actors	Selected actors	Predicted cost (hours or \$)
	Measurable Objectives	Values	Predictions; Assessed values
Process	Tasks	Designed tasks	Predicted cost (days or \$)
	Measurable Objectives	Values	Predictions; Assessed values

Figur 25: POP-modellen i VDC (Kunz & Fischer, 2012)

6.1.2 BIM i VDC

BIM er et essensielt verktøy i VDC ettersom denne prosjektformen er orientert rundt bruk av informasjonsteknologi og virtuelle modeller (Sacks et al., 2010). VDC legger vekt på at BIM-modellen skal utvikles slik at den kan benyttes i beslutningsprosessen, samt i koordineringen og analysen av aktiviteter. BIM legger til rette for en integrert prosjektering og skaper en samarbeidsplattform for prosjekteringsgruppen. Underlaget til de prosjekterende visualiseres tredimensjonalt og dette gjør det enklere å forstå hva de andre i gruppen tenker og hvordan de prosjekterer.

En implementering av VDC bidrar til å optimalisere bruken av BIM i prosjekt, men det er nødvendig med tidlig involvering av aktører for å få en effektiv utnyttelse av potensialet som ligger i BIM (Rekola et al., 2010). For å utnytte dette potensialet kreves en høy grad av interaksjon mellom eier, kunde, arkitekter, rådgivere og entreprenører fra tidlig i prosjekteringen.

Bruksområder

BIM-modellen har mange bruksområder i prosjekteringsprosessen (Eastman et al., 2011). Modellen skaper en kommunikasjon- og informasjonsplattform for de prosjekterende og stimulerer til et tidlig samarbeid mellom de relevante aktørene. Med BIM kan tids- og kostnadsestimater utarbeides raskere og mer nøyaktig i tidligfase. BIM kan også benyttes som et verktøy for å analysere ulike alternativer, noe som kan forbedre kvaliteten og ytelsen til bygget.

Det kan utføres kollisjonskontroll og samsvarskontroll mellom de ulike fagene i BIM, og dette hjelper med å integrere produktet mellom de prosjekterende (Eastman et al., 2011). Ved å gjennomføre en slik kontroll kan koordineringsfeil og geometriske feil unngås, følgelig blir mengden av omarbeid minimert. Det er viktig å ha en god filstruktur og en produktnedbrytningsstruktur som sammenfaller med det fysiske av prosjektet for å oppnå en god BIM-modell (Knotten & Svalestuen, 2014). Nedenunder er noen bruksområder for prosjekteringsprosessen oppsummert:

- Visualisering av arkitektur
- Kollisjonskontroll og samsvarskontroll
- Tids- og kostnadsestimering
- 4D-simuleringer
- Verktøy for å analysere designalternativer
- Plattform for prosjekterende

Felles modell

Det er viktig at alle aktørenes modellinformasjon samles i en felles modell for å få en vellykket bruk av BIM (Eastman et al., 2011). En felles BIM-modell gjør det mulig for alle deltakere å få en nøyaktig visualisering av bygget. BIM-modellen sammenstiller modellene fra de ulike aktørene og legger derfor til rette for en bedre koordinering av de ulike faggruppene, dette betegnes som åpen BIM. Åpen BIM fungerer slik at de aktuelle filene fra de ulike modelleringsprogrammene fra fagfeltene konverteres til en felles datafil, IFC. Ved bruk av IFC har alle deltakerne i prosjekteringsgruppen tilgang til å lese andres modell og den sammenstilte modellen. En delt 3D-modell fungerer som grunnlaget for alle byggeaktivitetene samt aktivitetene i prosjekteringsprosessen som blant annet fremdriftsplanlegging (Eastman et al., 2011 og Kymmell, 2008).

BIM - verktøy for fremdriftsplanleggingen

Fremdriftsplanlegging kan kobles til BIM-modellen, hvor en fremstilling av planlagt utførelse av prosjektet visualiseres i en 4D-modell (Eastman et al., 2011). Denne fremstillingen fører til økt innsikt og forståelse hos fagfolk og andre interessenter. Eieren får et totalbilde av hvordan prosjektet vil bli, og kan benytte modellen for å vurdere ulike alternativer. Hindringer som nødvendig forarbeid, plassbegrensninger og planlagte samtidige aktiviteter på ulike detaljnivå kan oppdages, fjernes eller endres. I tillegg kan også eventuelle misforståelser mellom eieren og utførende avklares.

BIM - verktøy for bedre kommunikasjon

VDC stiller krav til god kommunikasjon og samarbeid i prosjekteringsgruppen (Rekola et al., 2010). BIM er et verktøy som kan føre til bedre kommunikasjon og koordinering mellom deltakerne. I ICE-møtene blir BIM brukt som et verktøy for prosjekteringen, hvor deltakerne kan planlegge virtuelt sammen og bruke BIM som en kommunikasjonsplattform for lagring av informasjon. God kommunikasjon og forståelse av prosessen er en løsning for å møte samarbeidsproblemer og manglende engasjement blant deltakerne.

Felles mål

Ved å bruke en felles 3D-modell i tidligfasen av prosjektet kan prosjekteringsgruppen skape en felles visjon om bygningen og dens funksjoner (Khanzode et al., 2006). Prosjekteringsgruppen kan kommunisere utseendet og utformingen av bygget med de relevante aktørene for prosjektet, og dette kan hjelpe med å avklare behov og skape et felles mål for prosjektet.

6.1.3 ICE-møter

I Integrated Concurrent Engineering (ICE)-møter sitter de relevante aktørene samlokalisert i et iRoom og prosjekterer jevnlig over et avgrenset tidsrom (Chachere et al., 2004). ICE ble opprinnelig utviklet av NASA for tidspresset prosjektering som stilte krav om høyeste kvalitet og måloppnåelse. Senere har ICE blitt videreutviklet for byggebransjen av CIFE som en del av VDC.

ICE fokuserer på samtidighet i prosjekteringen hvor alle relevante beslutningstakere er med (Kunz & Fischer, 2012). Samlokaliseringen fører til god tilgang til aktørene som man trenger informasjon fra. Dette fører til at prosjekteringsgruppen kan ta raske beslutninger basert på raske avklaringer. ICE legger til rette for et godt tverrfaglig samarbeid hvor de involverte kan komme til en løsning i felleskap. Møtene gjennomføres som prosjekteringsmøter hvor det prosjekteres i grupper eller individuelt i perioder. Resten av tiden er alle samlet for å diskutere løsninger og gå gjennom statusen til planene, samt oppdaterer dem, se Tabell 9. Hyppigheten på møtene avhenger av prosjektets størrelse og behov. Møtene kan for eksempel bli avholdt enten hver uke eller hver 14. dag. Grunnlaget for ICE-møtene er utkikkplan og ukeplan. Det må være en overordnet agenda for dagens prosjekteringsaktiviteter og tema. I møtet planlegger og avklarer prosjekteringsgruppen hva som skal gjennomføres av prosjektering til neste ICE-møte. I tillegg gjennomgås tverrfaglige kontroller og utfordringer og uklareheter blir diskutert. Møtene resulterer i en avklaring av manglende underlag for videre prosjektering.

Beskrivelse ICE-møte	Gjennomføring	Deltakere	Hyppighet	Sted	Mål
Samlokalisert prosjekteringsmøte God tilgang til informasjon fra andre aktører Raske avklaringer og dermed raske beslutninger Tverrfaglig samarbeid	Tema tas opp i felleskap Arbeid på smartboard Småmøter kan gjennomføres for å løse utfordringer Selvstendig arbeid	Alle deltakere som er interessenter i saker som skal tas opp i ICE-sesjoner. (PL, PRL, AL, ARK alle prosjekterende, byggherre, UE og leverandører)	Hver uke / hver 14. dag (avhengig av størrelse på prosjekt)	iRoom -interaktivt rom med smartboards (Entreprenørens lokale)	Effektiv prosjektgjennomføring med høy kvalitet Redusere treghet (eng:latency)

Tabell 9: Gjennomføring av ICE-møte, basert på Chachere et al. (2004), Khanzode et al. (2006), og Kunz og Fischer (2012)

Introduksjon av iRoom

Ved implementering av VDC må prosjekteringsgruppen gjennomføre samlokaliserte prosjekteringsmøter jevnlig for å kunne håndtere avhengighetene i de tverrfaglige prosjekteringsgruppene (Khanzode et al., 2006). Her er følgende iRoom konseptet presentert, som på norsk kan beskrives som et samhandlingsrom. Et iRoom er en interaktiv arbeidsplass utstyrt med flere Smartboards, som gjør det mulig for prosjekteringsgruppen å vurdere alternative løsninger samtidig. Et iRoom er en viktig del av den samlokaliserte prosjekteringen, og det muliggjør for en enkel presentasjon, beskrivelse og vurdering av ulike prosjektperspektiver samtidig (Kunz & Fischer, 2012). Det er nødvendig at alle relevante beslutningstakere deltar i møtene og at oppgavene brytes ned i håndterbart omfang for at prosjekteringsgruppen skal kunne ta beslutninger basert på raske avklaringer.

Rommet gir mulighet for et raskt og iterativt samarbeid i prosjekteringsgruppen, siden alle arbeider sammen i et tverrfaglig landskap hvor aktørene er tilgjengelige for hverandre (Kunz & Fischer, 2012). For at informasjonsutvekslingen i prosjekteringsgruppen skal fungere optimalt er nødvendig at deltakerne kan knytte sin datamaskin opp mot det interne IT-systemet i rommet.

Smartboard

I ICE-møter blir Smartboard brukt til å arbeide felles med modeller og detaljer og utarbeide prosjekteringsgrunnlaget (Kunz & Fischer, 2012). Smartboard er et hjelpemiddel for økt forståelse, da de ulike alternativene enkelt kan visualiseres. Ved hjelp av Smartboards kan prosjekteringsgruppen følgelig redusere tiden det tar å presentere og forklare de ulike alternativene. I tillegg forbedres beslutningsprosessen og dette resulterer i et mer effektivt samarbeid mellom interessentene i prosjekteringsgruppen. Prosjektorfunksjonen som Smartboard tilbyr gjør det enklere for deltakerne å følge diskusjonen rundt 3D-modellen og det tilrettelegger for bruk av BIM. Smartboardet er interaktivt, noe som tillater at man kan tilføre kommentarer direkte på tavlen med elektronisk penn eller utfylle tekstbokser med tilgjengelig tastatur.

Dagsforløp for ICE-møtet

ICE-møtet fokuserer på behovene i prosjekteringsarbeidet og har ikke en sentral agenda. Det er derfor nyttig å ha en fast ramme for møtet, som fremstilt i Tabell 10.

Oppstart kl 09.00	Aktiviteter	Innhold
Oppstart Kjernemøte	Status BIM-modell	<ul style="list-style-type: none">• Gjennomgå BIM-modell• Vurdere eventuelle endringer fra siste versjon• Vurdere fokusområder og ferdigstilte oppgaver
	A3-rapporter	<ul style="list-style-type: none">• Gjennomgå beslutningsgrunnlag for ulike løsninger• Se på behov for avklaringer
	Dialogmatrise	<ul style="list-style-type: none">• Gjennomgå diskusjonsverktøy med innmeldte behov for tilrettelegging fra andre
	Møteplan	<ul style="list-style-type: none">• Gjennomgå plan for dagens møte
	Mål	<ul style="list-style-type: none">• Alle de ulike aktørene henger opp mål for denne ukens samling
Samhandlingstid	Prosjekteringsarbeid	<ul style="list-style-type: none">• Prosjekteringsarbeid sammen med andre eller alene
	Særmøter	<ul style="list-style-type: none">• Aktuelle fagområder møtes ved behov for avklaringer
	Småmøter	<ul style="list-style-type: none">• Møter som tas på sparket og gjennomføres for å løse utfordringer
Avslutning Kjernemøte	A3-rapporter	<ul style="list-style-type: none">• Gjennomgå A3-rapporter som har blitt behandlet
	Dialogmatrise	<ul style="list-style-type: none">• Gjennomgå nye og eldre Post-it-lapper som beskriver; -Hva deltakerne trenger av underlag fra andre -Hva deltakerne skal jobbe med de neste ukene
	Veggplan/"pull-plan"	<ul style="list-style-type: none">• Avklare hva som er på plass til gjennomføring til den aktuelle aktøren ut fra aktiviteter som er markert på Post-it-lappene på planen.• Analysere eventuelle begrensninger• Sjekke hvilke aktiviteter som er gjennomført og kan fjernes, og sjekke hvilke som må flyttes frem i planen. Dette viser tydelig hva som er blitt gjort og hva som kan forbedres
	Fremdriftsplanlegging	<ul style="list-style-type: none">• Lage utviklingsplanen for de neste ukene. Deltakerne jobber sammen i iRoom og henger opp Post-it-lapper med deres egne farger med beskrivelse av aktiviteter som skal gjennomføres
	Oppdatere beslutningslogg	<ul style="list-style-type: none">• Nye beslutninger legges inn i beslutningsliste
	Gjennomføre målinger	<ul style="list-style-type: none">• Gjennomføre målinger på BIM-modell• Måle PPU (andel aktiviteter utført basert på planene)• Gi karakter til prosjekterings-samlingen (ut i fra grad av utbytte og ventetid, og svar på avklaringer fra andre)
	Endringer	<ul style="list-style-type: none">• Sette opp en liste med eventuelle endringer• Sette opp en liste over uavklarte saker

Tabell 10: Ramme for ICE-møtet, basert på Veidekke (2013)

Oppstartsmøte/-samling

Kunz og Fischer (2012) anbefaler at alle relevante aktører inviteres til et Kick-off-møte. På oppstartsmøtet bør alle relevante aktører delta (Kunz & Fischer, 2012). Dette er deltakere som prosjekteringsleder (PRL), de prosjekterende, prosjektleder (PL), anleggsleder (AL), formenn, viktige underentreprenører, spesialrådgivere, og byggherre. Det er PRL som er ansvarlig for innkalling og gjennomføring av oppstartsamlingen. På samlingen er det viktig at PRL forklarer og skaper eierskap til planmetodikken og forklarer forutsetningene til en sunn aktivitet.

I det første oppstartsmøtet i prosjekteringen er det fordelaktig at gruppemedlemmene blir kjent med hverandre og skaper en gjensidig respekt for ekspertisen gruppemedlemmene besitter (Krygiel et al., 2008). Krygiel et al. (2008) understreker at det er viktig at deltakerne skaper en felles forståelse for oppgaven og for denne involverende måten å jobbe på. Oppstartsmøtet legger til rette for et godt samarbeid og en god utnyttelse av BIM-modellen. I oppstartsmøtet skal modellkravene for BIM avklares med de prosjekterende og prosjekteringsgruppen. Punkter som bør gjennomgås når det gjelder bruk av BIM er listet nedenfor. Oppgaver som gjennomføres i forbindelse med oppstartsamlingen i Veidekke (2013) er presentert i Tabell 11.

- Avklare mål og bruksområde for BIM
- Bestemme hvordan struktur modellen skal ha
- Avklare detaljeringsgrad
- Bestemme hvilke programvarer som skal benyttes
- Bestemme format for leveranse av modell
- Teste at aktørenes CAD-verktøy fungerer opp mot lisensen via nettet i iRoom
- Fordele ansvar og oppgaver knyttet til BIM

Før møtet	Innhenting av felles beskrivelse (modell, tegninger, kravspesifikasjoner)
	Innhente hovedfremdriftsplanen
	Sende ut en agenda med innkallingen til møtet
	Prosjektets ledergruppe skal utarbeide strategi for samspill mellom prosjektering og produksjon
	Sende ut oppgaver som er relatert til planer og beslutninger som skal drøftes i møtet på forhånd
	Avholde møte i prosjektets ledergruppe i forkant av samling
Innhold i møtet	Lage felles mål og diskuter hvordan man skal prioritere for å nå disse
	Avklare og gjennomgå kravene og ansvarsfordelingen for bruken av BIM
	Drøfte suksesskriteriene for den enkelte deltaker og den samlede prosjekteringsgruppen
	Utarbeide beslutningsplan i samarbeid med byggherre
	Fordele ansvar og oppgaver i prosjektgruppen
	Gå gjennom forventinger til prosjektet fra byggherre og entreprenør
	Gjennomgå hovedfremdriftsplanen
	Gjennomgå entreprenørens organisasjonsplan
	Identifisere utfordringer i prosjektet
Diskutere HMS i prosjektering	

	Utarbeide utkast til faseplan i prosjekteringen med ”pull-planning”
Etter møtet	Utarbeide faseplan prosjektering, beslutningsplan og møteplan basert på planen laget med ”Pull-Planning” - teknikken på møtet
	Sende ut planene for gjennomgang og kvalitetssikring mot prosjekteringsgruppen
	Ha en omforent faseplan for prosjektering, møteplan og beslutningsplan hvor prosjekteringsgruppen har eierskap til planene

Tabell 11: Gjennomføring av oppstartsmøte, basert på Veidekke (2013)

Småmøter

Som en del av ICE-sesjonen kan småmøter gjennomføres for å løse utfordringer (Veidekke, 2013). Deltakerne bør ha tilbud om tilgjengelige møterom om de ønsker det for arbeid med spesielle tema. Disse møtene har blitt omtalt som ”Break-Out-Sessions” på engelsk. Etter møtene kan alle deltakerne samles igjen for å gjennomgå tema som berører alle, blant annet for å planlegge prosjekteringsarbeidet som skal ferdigstilles til neste møte.

Selvstendig arbeid

Hvis deltakere ikke har behov for å avklare med andre fag eller aktører i ICE-møtene er det fordelaktig at de driver med selvstendig arbeid frem til det oppstår behov for samarbeid eller avklaringer med andre (Veidekke, 2013).

Dialogmatrise

En dialogmatrise er et hjelpemiddel for å fremme dialog i prosjekteringsarbeidet (Veidekke, 2013). Dialogmatrisen kan lages på et Whiteboard i møtelokalet med inndeling etter fag. I matrisen skal det være et skille mellom aktiviteter etterspurt av andre og de fagene har oppført selv. Deltakerne fører opp informasjonen de behøver fra andre i gruppen eller aktiviteter de er avhengige av og som må utføres de neste to ukene for at deres arbeid skal gå som planlagt. Post-it-lapper benyttes for å markere aktivitetene i matrisen, og de ulike fagene har hver sin fargekode. Lappenes plassering angir hvem deltakeren etterspør informasjon eller en aktivitet fra, og når det forventes at denne er utført.

Mål - Redusere treghet

Målet til ICE er å redusere tregheten i prosjektet (Chachere et al., 2004). Tabell 12 presenterer faktorene for å redusere treghet fritt oversatt til norsk. Disse faktorene kan ved oppfyllelse føre til mindre treghet i prosjekt. Tabellen inkluderer noen retningslinjer for å få en suksessfull og effektiv implementering av ICE. Chachere et al. (2004) har utarbeidet faktorene fra forsøk utført på det mest erfaringsfulle teamet til NASA, altså Jet Propulsion Laboratory (JPL). Hvis faktorene ikke er tilstrekkelig oppfylt risikerer man en stor treghet i koordineringen som vil føre til en ineffektiv og treg prosjekteringsprosess. Undersøkelsen utført av Chachere et al. (2004) viser at samlokaliseringen i ICE-møtene gir bedre kommunikasjon og et bedre informasjonsnettverk, samtidig som det forbedrer fokuset til deltakerne.

Faktorer	Suksesstilstand for effektiv ICE	Årsaker til redusert oppfyllelse av ICE	Retningslinjer for suksess
Uavhengig ledelsesstruktur	Høy: Prosjekteringen bør utføres med minimalt tilsyn av ledelse	Forsinkelser på grunn av ledelsesmessige beslutninger eller godkjenning kan skape ressursflaskehals	Skape kultur som gjør deltakere i prosjekteringsprosessen selvstendige
Dekomponering av aktiviteter	Deltakerne dekomponerer aktivitetene sine i deloppgaver av kort varighet, slik at de kan stille spørsmål som kan besvares raskt og enkelt	Aktiviteter er ikke av håndterbar størrelse slik at mengden med omarbeid øker	Deltakerne kan dekomponere aktivitetene før samlokaliserte møter
Fokuserte deltakere	Alle deltakerne må være 100% tilgjengelige under møtene, og skal fokusere utelukkende på prosjekteringsarbeidet	Aktører som også må ivareta behovene til andre prosjekter kan skape forsinkelser	Alle deltakerne må være dedikerte til oppgaven under møtene. (Eventuelt gjennomføre kortere møter for at alle skal være tilgjengelige)
Informasjonsrik kommunikasjon	Visuell deling av tverrfaglig prosjekteringsvalg; Tverrfaglig formidling av funksjonelle krav og valg av design	Manglende evne til å gi detaljert og nøyaktig beskrivelse av designet til alle interessenter raskt og enkelt; Forvirring, misforståelser og dobbeltarbeid	Personlige arbeidsstasjoner og delte iRoom
Åpent informasjonsnettverk	All informasjon som er relevant for modellering er tilgjengelig øyeblikkelig	Forsinket tilgang til å designe eller ta beslutninger	Godt samarbeid i design-øktene, samlokalisering med nøye utvalg av deltakerne til hvert møte
Organisatorisk hierarki	Flat: Bør unngå organisatoriske barrierer med tanke på ledelseshierarkiet	Beslutninger forsinkes avventende vedtak pga overbelastet ledelse	Rollen som ICE-fasilitator burde ikke utføres "ledende" siden det er en flat organisasjonsstruktur. En ICE-fasilitator kan feks. være prosjekteringsleder og skal føre prosjekteringsgruppen inn på ønsket tema uten å ta en ledende rolle
Kultur	Alle deltakerne må respektere hverandre i et miljø med mye press	Kultur som er preget av konservatisme og forsvarsholdninger	Trening av deltakere og utvalg av de rette deltakerne
Felles mål	Prosjektets suksess bør være alles hovedprioritering, fremfor individuelle mål	Debatter om prosessen, upassende omarbeid	Skape oppmerksomhet rundt målene ved å henge dem opp på veggen slik at alle kan se dem

Klargjøring av prosessene	Alle prosedyrer og mål bør være godtatt og forstått av alle deltakerne	Utvidede debatter om prosessen eller prioriteringer	Kultur: Erfaren fasilitator leder prosessen
Interne grupper	Aktører utfører rask problemløsning i små selvutnevnte grupper	Manglende evne til å forklare et designvalg på riktig måte skaper forvirring og forsinkelser	Samlokalisering: felles skjermer
Integrert modellering	Det er viktig at deltakerne navngir elementer konsekvent, og har en felles forståelse for detaljeringsnivået. Informasjon må lagres på ett sted, tilgjengelig for alle modeller	For lavt detaljnivå eller for høyt detaljnivå fører til unødig innsats fra ledelsen og gruppen	Avklare detaljeringsnivået tidlig Benytte åpen BIM

Tabell 12: Faktorer som muliggjør effektiv ICE, basert på Chachere et al. (2004)

6.1.4 Målinger

Målinger er et av de fire hovedelementene i VDC og målingene er et godt verktøy prosjekteringsgruppen kan benytte for å kontrollere status til prosjektet og administrere gruppen (Kunz & Fischer, 2012). I målingene brukes enkle beregninger, noe som gjør det mulig for deltakerne å oppdage hvordan de kan forbedre prosjekteringsprosessen og følgelig øke effektiviteten. Måling av ytelse kan være motiverende for gruppen, siden deltakerne kan føle et indre insentiv for å fullføre arbeidet i tide. Det er viktig at målingene blir brukt for å gi konstruktiv tilbakemelding i stedet for negativ tilbakemelding.

Et eksempel på aktuelle målemetoder i prosjekteringsprosessen er prosent planlagt utført (PPU) (Kunz & Fischer, 2012). Her beregnes prosentandel utførte oppgaver ut fra planlagte oppgaver i ICE-økter, handlingsplaner og tegningsleveranser. Målingene sporer prosjektets ytelse og kan vise spådd og målt ytelse i forhold til prosjekt mål. Tiltakene skal være transparent for prosjekteringsgruppen for å skape motivasjon og konkurransekraft. PPU er et effektivt tiltak for å vise status til prosessen og hvilke aktiviteter som trenger mer oppmerksomhet. Målingene kan gjennomføres i samhandlingsmøtene i iRoom og er verken vanskelig å måle eller tidkrevende. I disse møtene kan oppfølging av området som må forbedres diskuteres i plenum, og her kan de stille seg selv spørsmål om hvordan de ligger an i forhold til hvor de ønsker og være, og dette fører til en aktiv bruk av målinger i prosjektstyringen.

7 PROSJEKTERINGSPROSESS MED BIM, LEAN OG VDC

7.1 Synergier mellom BIM og Lean

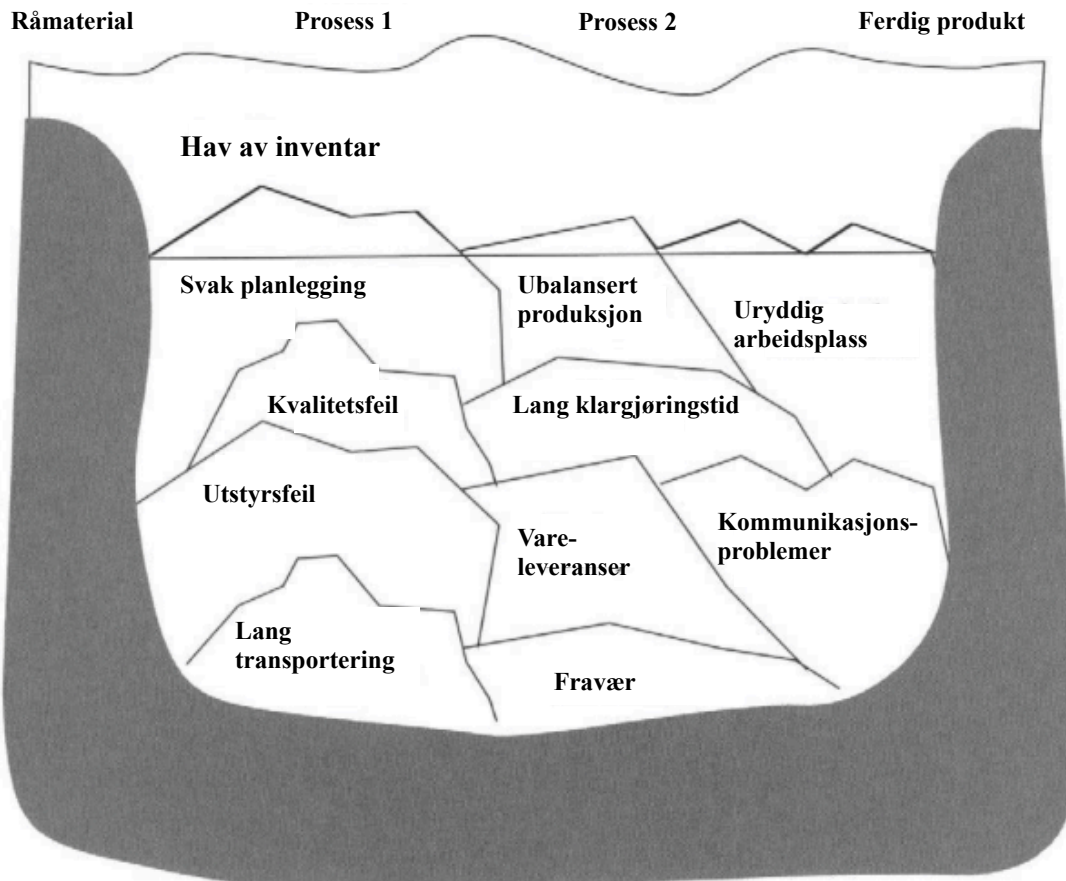
BIM og Lean Construction påvirker dagens byggebransje (Sacks et al., 2010). I følge Sacks et al. (2010) er det forventninger om at BIM og Lean kommer til å effektivisere byggebransjen. BIM og Lean er to separate initiativ og er ikke avhengig av hverandre, men for å optimalisere byggeprosjekt er det nødvendig å implementere dem begge. Det anbefales at de implementeres samtidig grunnet deres mange felles elementer og synergier. BIM og Lean deler mange av de samme verdiene og begge har som mål å redusere sløsing og forbedre gjennomsiktigheten (eng: transparency). Implementering av BIM gjør det mulig å transformere den tradisjonelle prosjekteringsprosessen til en Lean prosess. Bygningsinformasjonsmodellering gir grunnlag for noen av resultatene som det forventes at Lean Construction leverer (Sacks et al., 2010).

BIM er et produktivt verktøy for gjennomføring av Lean Design (Forbes & Ahmed, 2011). BIM kan benyttes til å strukturere og visualisere bygningsdesignet, mens Lean er en metode for å koordinere og utvikle designet i praksis (Tjell, 2010). Ved å benytte BIM kan entreprenørene, de rådgivende og arkitektene samarbeide om designet for å oppnå maksimal byggbarhet, lavere kostnader og en offensiv byggeplan. Prosjekteringsgruppen kan samarbeide med en virtuell modell av prosjektet hvor utformingen ikke bare er fokusert på produktet men også på planene. 3D-modellering er et verktøy for å forbedre både design og byggeprosesser. Modellen hjelper prosjekteringsgruppen med å visualisere og unngå potensielle konflikter mellom de ulike fagene.

Lean og BIM fokuserer på informasjonshåndtering, hvor Lean skaper en gjennomsiktig struktur for informasjon forenkler BIM modellrelatert dokumentasjon av informasjon (Tjell, 2010). Begge konseptene fokuserer og legger til rette for visualisering av byggeprosessen, relasjon og samarbeid i prosjekteringsgruppen og læring og forbedring.

Visualisering av byggeprosessen

Produksjonskontrollen som blir utført med Last Planner System (LPS) i Lean er støttet av BIM på mange måter, spesielt gjennom visualisering av byggeprosessen (Eastman et.al, 2010). Ideen bak BIM og Lean er å visualisere produktet slik at problem blir identifisert og løst før designalternativet føres videre til produksjonsprosessen (Tjell, 2010). Dette prinsippet er i Lean betegnet som et hav av inventar (eng: Sea of Inventory) illustrert i Figur 26 (Ohno, 1998). Prinsippet fokuserer på at man skal senke vannstanden for å være i stand til å se stenene, det vil si ha minst mulig inventar slik at man oppdager problemene. Et hav av inventar beskriver at det er stor mengde pågående arbeid og inventar i prosessen (Moore, 2011). Hvis problemene ikke er løst i utviklingen av designet i prosjekteringsprosessen kan de fremkomme under produksjonen eller i driften hvor endringer er merkbart dyrere. BIM og Lean fokuserer på å skape en transparent flyt av informasjon i prosjektet, noe som kan føre til at ”vannstanden senkes” og problemer blir identifisert og løst slik at mengden med sløsing og omarbeid reduseres.



Figur 26: Hav av inventar, hentet fra Moore (2011)

Forbedrer relasjon og samarbeid

Et prinsipp i Lean Construction er at man skal skape et godt nettverk mellom partene (Alves et al., 2012). Lean er i stand til å skape et miljø hvor kommunikasjonen foregår mellom de riktige personene til rett tid. Den riktige informasjonen kan tilføres BIM-modellen, og dermed er det også mulig å få ut den riktige informasjonen. Ved å benytte BIM og ha fellesmøter forbedres samarbeidet blant prosjektdeltakerne. I møtene samarbeider alle om å nå felles løsninger. Følgelig føler prosjektdeltakerne seg som likeverdige deltakere i prosessen, og dette skaper et bedre miljø. For å oppnå en god relasjon mellom prosjektdeltakerne er det nødvendig å fjerne hinder. Det er også nødvendig at alle tar hensyn til hverandres behov gjennom prosjektet. Deltakerne må bygge relasjoner basert på tillit hvis de skal dele sine feil for å lære av prosjektet (Lichtig, 2005).

Fokus på læring og kontinuerlig forbedring

Lean fokuserer på å koble læring med forbedring og handling (Lichtig, 2005). Verdien av prosjektet øker hvis man lærer fra prosessene og har fokus på kontinuerlig forbedring. Tiltak for forbedring bør iverksettes basert på læring fra det utførte arbeidet. Tilbakemeldingene skal være basert på hvor tilfredsstillende arbeidet har vært med tanke på kvalitetskrav og forventinger. Ved å benytte BIM kan produktiviteten måles slik at eventuelle feil i produksjonen kan oppdages raskt og løses i tidlig stadier av arbeidet. Dette resulterer i at prosjekteringsgruppen lærer av erfaringer og gir dem mulighet til å forbedre fremtidige metoder for gjennomføring.

7.2 Implementering av BIM og Lean

Et av bidragene til byggebransjens forbedringsprosess er utviklingen og implementering av bygningsinformasjonsmodellering (BIM) (Eastman et al., 2011). BIM kan skape en prosess og en digital plattform for virtuelle bygninger. BIM som verktøy kan ikke utgjøre de forbedringene som er nødvendig i byggebransjen og implementering av BIM alene vil ikke nødvendigvis lede til prosjektsuksess. Bruk av BIM må støttes av prosjekteringsgruppen, ledelsen og byggherren og kan ikke erstatte en god prosjekteringsgruppe og en god styringsmetode. Det er nødvendig å ha et helhetlig perspektiv der BIM som et teknologisk verktøy kombineres med metodene innen Lean Construction. Lean Construction er et sentralt bidrag til byggebransjens forbedringsprosess med flyt og sløsing som sentrale begrep. Janni Tjell presenterer en samtale han har hatt med Glenn Ballard i en studie fra 2010 om BIM: *”Lean er operativsystemet, den fundamentale ledelsesfilosofien og en nødvendig forutsetning til et hvert verktøy. Så uansett slagkraft, uten Lean vil ikke BIM nå sitt potensial”* (Tjell, 2010). Ved å integrere BIM og arbeidsprosessene i Lean kan man få et mer effektivt prosjekt hvor mengden av uforutsett hendelser er redusert.

Det er flere fordeler med å integrere BIM og Lean, og BIM kan tilrettelegge implementeringen av Lean (Sacks et al., 2010). Det er nødvendig og implementere både BIM og Lean i prosjekteringsprosessen for å utnytte potensialet deres (Eastman et al., 2011, og Moud, 2013). Lean effektiviserer byggeprosessen ved hjelp av kontinuerlig kontakt mellom deltakerne og med fokus på å unngå feil. Noen av de potensielle effektene av å implementere BIM og Lean er listet nedenfor:

- Bedre kvalitet og ytelse
- Pålitelige prosjekt
- Redusert byggetid
- Reduserte byggekostnader
- Den totale verdien til prosjektet kan øke

7.2.1 Tidlig involvering av alle aktører

Tidlig involvering av aktører som entreprenører og underleverandører er et viktig prinsipp i Lean-filosofi og nødvendig for å få en optimal utnyttelse av BIM (Eastman et al., 2008). En implementering kan starte ved å introdusere gruppen for samlokaliserte prosjekteringsmøter i iRoom. Lean fokuserer på en tidlig involvering av aktører for å utnytte kunnskapene best mulig (Koskela, 1992). Aktører med kunnskap om byggbarheten, kostnader og materialer burde bli engasjert tidlig i prosjekteringsprosessen for å redusere andelen av feil og omarbeid. En tidlig involvering av aktører kan dermed resultere i færre endringer senere i prosjektet hvor endringskostnadene er betydelig høyere. I tillegg kan en tidlig involvering kan føre til at utformingen av designet blir mer pålitelig siden de utførende som skal konstruere bygningen har innflytelse på design og informasjon som skal i BIM-modellen (Koskela, 1992). Ved at de utførende får større innflytelse og har innblikk i hvordan de ulike designløsningene er besluttet kan de bli mer engasjerte til å utføre designet. Disse to potensielle fordelene kan sammen redusere kostnadene sammenlignet med et prosjekt som har en tradisjonell prosjekteringsprosess, selv om kostnadene i tidligfase er høyere som et resultat av en mer tidkrevende BIM-koordinering (Tjell, 2010). Det er forventet en kostnadsbesparelse i produksjon basert på å utvikle et bedre design med en BIM-modell i prosjekteringsprosessen.

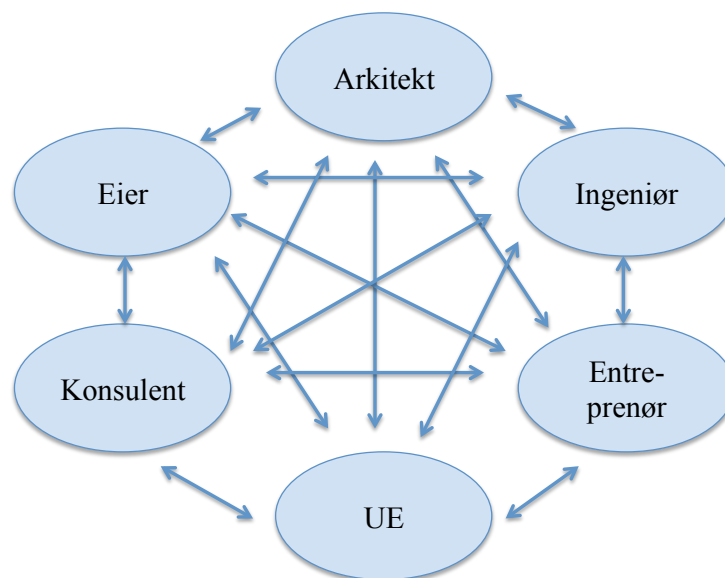
7.2.2 Samlokalisering og samarbeid

Ved en tidlig involvering av aktører er det viktig at prosjekteringsgruppen jevnlig arbeider samlokalisert (Weestgaard, 2010). Prosjekteringsgruppen bestående av arkitekt, ingeniører, konsulenter, entreprenører, underentreprenører og byggherre kan sitte samlokalisert fra tidlig i prosjekteringsprosessen. Det er nødvendig med samarbeid mellom de involverte fagene for å utnytte potensialet til BIM. (Eastman et al., 2008).

For å lykkes med BIM-prosjekt er det viktig med et godt samarbeid i prosjekteringsprosessen (Deutsch, 2011). I følge Lean-filosofi er samarbeid viktig og det er viktig at alle har kunnskap om prosessen samt forståelse om hva som skaper verdi (Liker, 2004). I Lean benyttes integrert prosjektering. Integrerte prosjekteringsgrupper har god informasjonsdeling og kunnskapsoverføring og de skaper et godt samarbeid (Deutsch, 2011). BIM og integrert prosjektering er prosesser som er skapt for hverandre, hvor BIM muliggjør for den integrerte prosjekteringsgruppen å visualisere prosjektet. Prosjekteringsgruppen jobber sammen med en virtuell BIM-modell, og de kan enklere analysere løsninger, vurdere konflikter mellom bygningskomponenter og utføre mengdeberegninger. Dette skaper et bedre samarbeid og gjør koordineringsprosessen lettere for prosjekteringsgruppen hvor fagene blant annet kan samarbeide om å utvikle framdriftsplanen.

iRoom- konseptet

For å skape bedre samarbeid i prosjekteringsgruppen har Lean tatt i bruk konseptet om et iRoom/Big Room (Tjell, 2010). Rommet skaper en plattform for samarbeid og samtidig prosjektering hvor deltakere lette kan få tak i nødvendig informasjon, se Figur 27. Dette rommet legger til rette for en mer effektiv beslutningsprosess.



Figur 27: Tverrfaglig samarbeid i iRoom, basert på Tjell (2010)

I iRoom kan BIM-modellen benyttes til å virtuelt presentere informasjon gjennom en digital plattform (Tjell, 2010). I den digitale plattformen kan informasjonen lagres og være gjennomskiktig og tilgjengelig for alle fagene og aktørene til enhver tid. Det er nødvendig med en fasilitator/BIM-koordinator som kan tilrettelegge, systematisere, visualisere og lagre informasjon som er nødvendig i BIM-modellen. Informasjon som materialmengder, priser og tidsforbruk kan lagres i modellen og den kan benyttes til 4D- og 5D-modellering. I tillegg kan sikkerhetsaspektet på byggeplasser bli forbedret ved utførelse av 4D-analyse i iRoom.

7.3 Fordeler med å implementere VDC i prosjekteringsprosessen

Firma som har praktisert prosjektformen VDC har konsekvent funnet ut at de har forbedret resultatene sine (Kunz & Fischer, 2012). En implementering av VDC kan føre til at byggingen blir mer effektiv, med reduserte kostnader og bedre kvalitet (Khanzode et al., 2006). Noen av fordelene med å implementere VDC i prosjekteringsprosessen er presentert under.

Visuelt samarbeid

VDC modellen er visuell og gjør det derfor enklere for alle prosjektdeltakerne og få den samme forståelsen for prosjektet (Kunz & Fischer, 2012). Visualiseringen av bygget kan inneholde hver minste detalj slik at det er mulig å vurdere hvordan det fysiske bygget blir. Et iRoom er en viktig del av den samlokaliserte prosjekteringen og skaper plattformen for det visuelle samarbeidet. Ved å bruke et slikt rom kan deltakerne visuelt vurdere ulike prosjektperspektiver samtidig og evalueringer av prosjektkvaliteten når ut til alle deltakerne. Implementering av VDC kan hjelpe med å forbedre det tverrfaglige samarbeidet mellom de involverte i prosjekteringsprosessen.

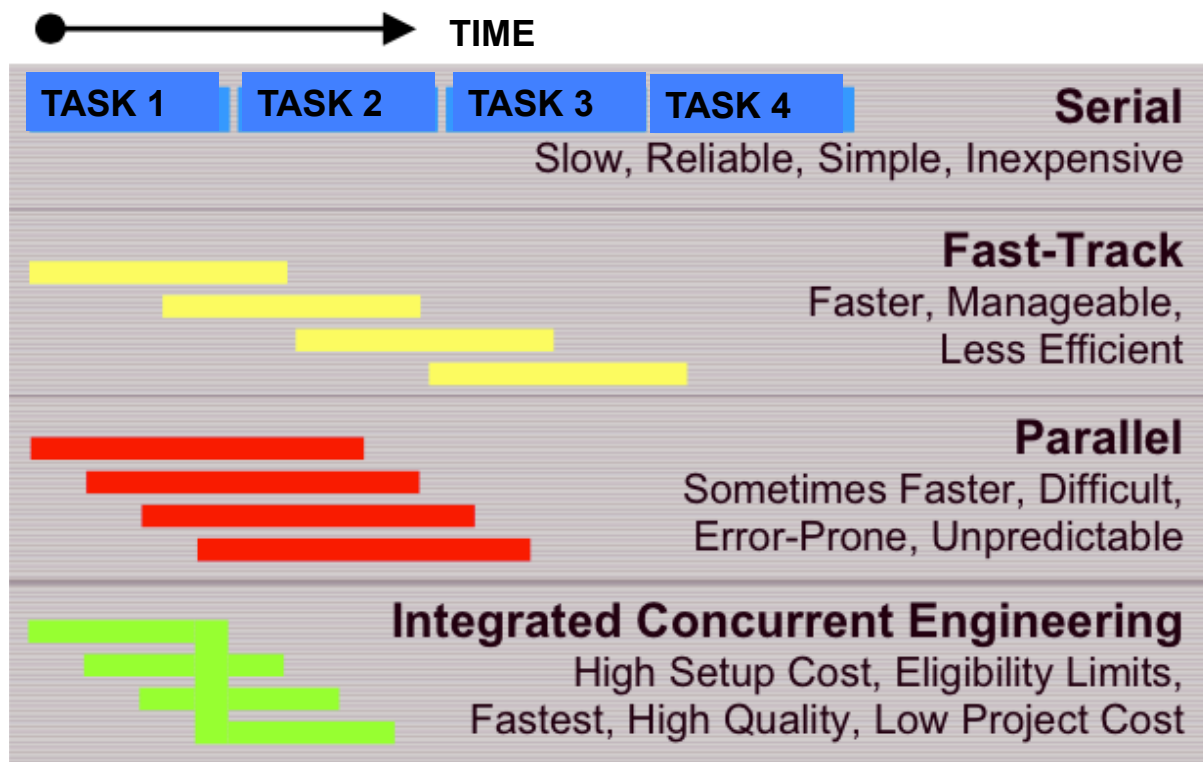
God kommunikasjon

VDC gjør det lettere å kommunisere på grunn av felles referanser og forståelse (Kunz & Fischer, 2012). Prosjekteringsgruppen jobber jevnlig samlokalisert i ICE-møter, og det fører til en direkte kommunikasjon mellom deltakerne. Prosjekteringsgruppen har en felles BIM-modell som skaper et forbedret informasjons- og kommunikasjonsnettverk mellom deltakerne i prosjekteringsprosessen. Det at BIM-modellen muliggjør for visualisering av bygget forbedrer også kommunikasjonen mellom de involverte aktørene.

Effektiv prosjektgjennomføring

I planleggingsprosessen hvor deltakerne samles i et iRoom er den nødvendige informasjonen og kunnskapen tilgjengelig (Khanzode et al., 2006). Bruken av VDC-metodologien forandrer prosjekteringsprosessen, den fører til en reduksjon i beslutningstreggheten og legger grunnlag for en effektiv prosjektgjennomføring. Beslutningstregghet beskriver tiden fra et spørsmål er stilt til avgjørelsen er tatt.

Effekten av å gjennomføre ICE-møter er forbedret kommunikasjon og et høyere beslutningstempo (Kunz & Fischer, 2012). I ICE-møtene er deltakerne fullt dedikert til prosjektet, og i følge Chachere et al. (2004) er dette den mest effektive måten å gjennomføre prosjekteringsprosessen på, se illustrasjon i Figur 28.



Figur 28: Parallelliteten til ulike typer prosjektgjennomføringer (Chachere et al., 2004)

Figur 28 viser fire ulike prosjektgjennomføringer med økende grad av parallellitet (Chachere et al., 2004). Den illustrerer prosjekt hvor det er press for å stramme inn tidsplaner og med overlappende oppgaver som før ble gjennomført serielt. Komprimering av en plan på denne måten er kostbart, vanskelig og øker risikoen i prosjektet. Sammenlignet med tradisjonell parallell prosjektering, kan ICE redusere tidsforbruket, kostnadene og samtidig opprettholde kvaliteten.

Høy kvalitet

Et prosjekt gjennomført med ICE-prosjektering oppnår generelt høy kvalitet (Kunz & Fischer, 2012). I VDC benyttes BIM-modellen aktivt, og en implementering av BIM kan resultere i bedre kvalitet på bygningen (Eastman et al., 2011).

7.4 Implementering av BIM, Lean og VDC i prosjekteringsprosessen

En effektiv bruk av BIM er knyttet opp mot Lean og prosjektformen VDC (Sacks et al., 2010). BIM er et verktøy som hjelper Lean med å visualisere utformingen av prosjektet og fokusere på flyten i arbeidet (Sacks et al., 2010).

VDC er en arbeidsmetodikk som støtter bruk av tverrfaglige 3D-modeller for å fremme og støtte prosjektets mål og suksesskriterier (Kunz & Fischer, 2012). VDC bygger på Lean-tankegangen ved å ha fokus på å tilføre prosjektet verdi, og samtidig minimere sløsing. Sentralt i VDC står samlokalisert prosjektering, som bidrar til en optimalisering av BIM-modelleringen i prosjektet.

Tidlig involvering av aktører

Både Lean og VDC praktiserer en tidlig involvering av aktører (Koskela, 1992, og Khanzode et al., 2006). Relevante prosjektdeltakere samles tidlig i et oppstartsmøte (Eastman et al., 2011). Dette legger til rette for godt samarbeid og god utnyttelse av BIM-modellen. 4D-BIM kan benyttes til å kommunisere sekvensen og logistikken av prosjektet i de tidlige fasene. Bruk av 4D-BIM støtter et av de grunnleggende prinsippene i LPDS, som er å integrere kunnskap om prosessen tidlig i prosjekteringen ved å ha en tidlig involvering av aktører (Khanzode et al., 2006).

Forbedret samarbeid

Tidlig involvering av aktører og gjennomføring av ICE-møter med samlokalisert prosjektering forbedrer samarbeidet i prosjekteringsgruppen (Khanzode et al., 2006). Bruk av VDC fører til en rask utvikling av en tverrfaglig BIM-modell, og det legger til rette for et godt samarbeid mellom deltakerne (Kunz & Fischer, 2012).

Oppfylle prosjektmål

Gjennom en tidlig involvering av aktører får prosjekteringsgruppen en felles forståelse for målene til prosjektet (Eastman et al., 2011). Målet med å implementere VDC er at prosjekteringsgruppen skal forbedre planleggingen, kostnadene og kvaliteten til prosjektet. Ved at alle aktørene samarbeider i utviklingen av designet er det mer sannsynlig at prosjektet oppfyller alles mål og behov.

Med et todelt fokus på teknikk og arbeidsmetodikk er VDC et rammeverk som skal bidra til at prosjektmålene oppnås ved å påvirke produkt, organisasjon og prosess. VDC fokuserer på en mer helhetlig tilnærming av den nye teknologien og verktøyene, følgelig bør Lean og BIM implementeres samtidig.

Kostnadene knyttet til prosjektering har en tendens til å øke i VDC på grunn av den intensive tverrfaglige prosjekteringen, men det lønner seg i lengden med tanke på den totale prosjektkostnaden, se Figur 28 (Kunz & Fischer, 2012, og Chachere et al., 2004). Det lønner seg siden resultatene til prosjekteringsgruppen forbedrer seg drastisk sammenlignet med den tradisjonelle gjennomføringsprosessen.

Forståelse av konsekvensen av endring

Verktøyene, teknologien og metodene i VDC kan anvendes i alle stadiene av LPDS i Lean Construction (Khanzode et al., 2006). Målene til både LPDS og VDC sammenfaller, nemlig forbedring av byggeprosessen. VDC er en tilrettelegger av LPDS da POP-modellen i VDC hjelper med å forstå konsekvensene av endringer i prosjektet, hvordan for eksempel en forandring i designet av produktet påvirker designet for prosessen. I følge Khanzode et al. (2006) er: "*Virtual Design and Construction enabling LPDS*".

LPDS går inn for en tidlig involvering av aktører i prosjekteringsprosessen, noe som tillater at aktører med kunnskap kan påvirke den tidlige utformingen av designet (Khanzode et al., 2006). Prosjekteringsprosessen i LPDS legger til rette for en tverrfaglig tilnærming til design ved å vurdere samspillet mellom designkonsepter og produkt- og prosessdesign. I denne iterative designprosessen kan rammeverket til VDC benyttes for å forstå effekten av endringer på det opprinnelige konseptet.

Vellykket bruk av BIM

VDC-konseptet kan tas for å representere BIM på grunn av likheter i underliggende prinsipper og teknologier. Resultatet av en casestudie Khanzode et al., (2006) har gjennomført bekrefter at anvendelsen av VDC forbedrer prosjektleveringsprosessen i Lean (Lean Project Delivery Process).

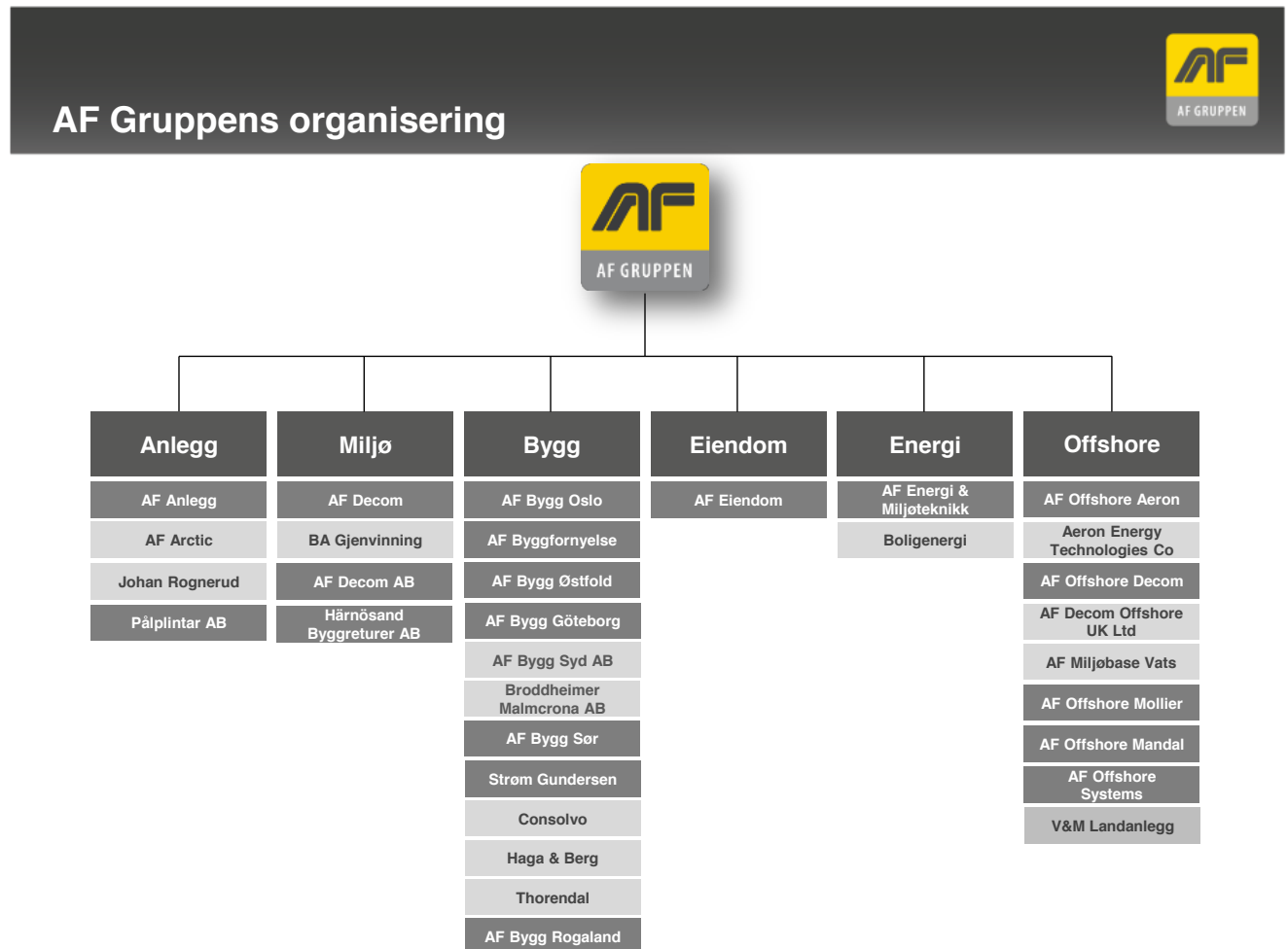
Den integrerte prosjekteringen i Lean og VDC er en teknikk som utnytter BIM for å gi en integrert prosjektledelse og samarbeidsplattform (Sacks et al., 2009). BIM bidrar til visualisering av produkt- og prosess i henhold til prinsippene i Lean Construction og VDC. Implementering av BIM tillater fagene å bruke BIM-modellen til detaljering av designet. Hver fagmodell er integrert i en felles modell hvor koordinering og design kan testes.

Teknikker i Lean Construction krever nøye planlegging og koordinering mellom hovedentreprenør og underentreprenører for å sikre at arbeidet kan utføres når de nødvendige ressursene er tilgjengelige (Eastman et al., 2011). Siden BIM gir en nøyaktig modell av designet og de materielle ressursene som kreves for hvert segment av arbeidet, kan modellen benyttes som et verktøy for å forbedre denne planleggingen og koordineringen av underentreprenører. Det er nødvendig med grundig opplæring for å få en vellykket bruk av BIM, samt en implementering av teknikkene og metodene i Lean Construction og VDC (Khanzode et al., 2006). Uten tilstrekkelig kunnskap og kompetanse om ny teknologi vil det ikke være mulig å forbedre prosjekteringsprosessen.

8 RESULTATER

8.1 Generelt om AF-Gruppen

AF Gruppen er et av Norges ledende entreprenør- og industrikonsern og har virksomhetsområder innen eiendom, bygg, anlegg, miljø, energi og offshore. AF Gruppens organisasjonsoversikt er fremstilt i Figur 29. Selskapet ble etablert i 1985 og historien om AF Gruppen er preget av en verdibasert bedriftskultur (AF, 2015).



Figur 29: AF Gruppens organisasjonsoversikt (AF, 2015)

8.1.1 AF Bygg Oslo

AF Bygg Oslo ble opprettet i 1997 og er en av de største aktørene i Norge innenfor boligbygg, næringsbygg og offentlige bygg. Avdelingen leverer byggetjenester innen nybygg og byggfornyelse. AF Gruppen har som mål for prosjekteringsprosessen at prosjekteringen skal være ferdig i det råbygget står oppe, noe som stiller krav til en effektiv prosjekteringsprosess.

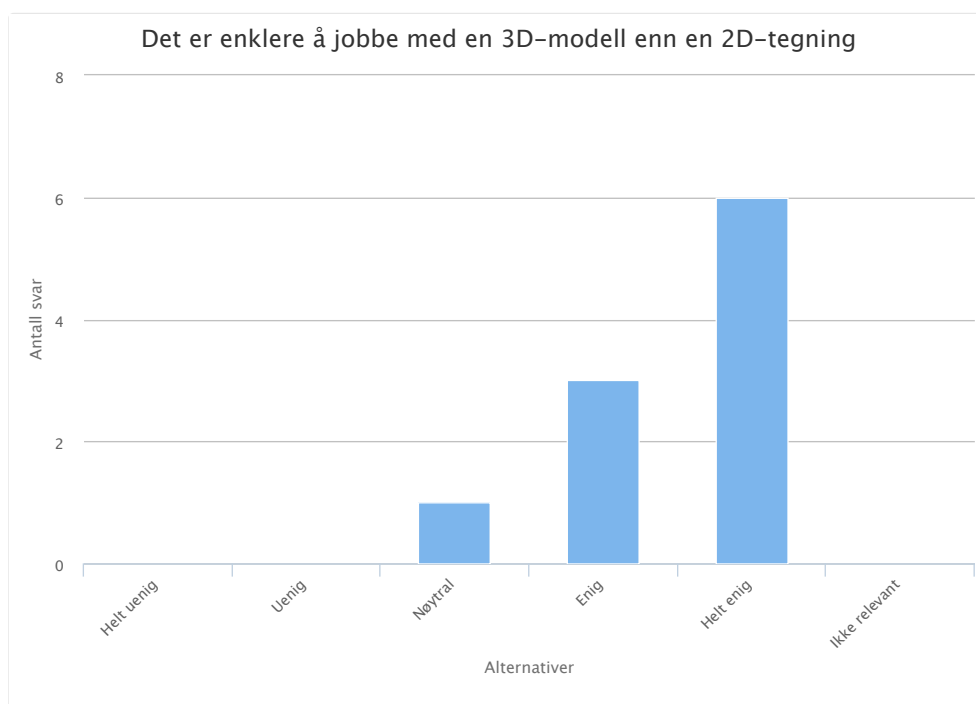
8.2 BIM-prosjekt i AF Gruppen

AF benytter bygningsinformasjonsmodellering (BIM) i tidligfase i nybyggprosjekter (AF, 2015). BIM hjelper dem med å sikre kvalitet, og blir brukt som et visualiseringsverktøy som forenkler beslutningsprosessen for byggherren.

8.2.1 Generelt om BIM-prosjekt i AF

AF benytter BIM i sine prosjekter og ser at bruk av 2D-tegninger ikke lenger er hensiktsmessig. Ansatte i AF erkjenner at den tiden de prosjekterende bruker på BIM-modellen er en investering og at bruken av BIM har en merverdi for prosjektet. Deltakerne fra prosjekteringsledelsen påpeker at selv om bruk av BIM gir en ekstra kostnad for entreprenøren ved å pålegge bruk av modellen, så henter denne kostnaden seg inn igjen. Totalt gir bruk av BIM en merverdi da det resulterer i mindre feil, bedre kontroll på prosjekteringen og fører til en bedre produksjonsprosess.

Resultatene fra spørreundersøkelsen fremstilt i Figur 30 indikerer at mesteparten av deltakerne syntes det er enklere å jobbe med en 3D-modell enn en 2D-tegning. Prosjekteringslederne forteller at BIM-modellering etablerer seg som en bransjestandard, og presiserer at AF Gruppen ikke kommer til å gå tilbake til 2D-tegninger.



Figur 30: Resultat spørreundersøkelse: Det er enklere å jobbe med en 3D-modell enn en 2D-tegning

”BIM-modellen er et bra verktøy, det å se på en BIM-modell er betydelig mye enklere enn å se på en 2D-tegning med kotehøyder” (Prosjekteringsleder)

Hovedbruksområder til BIM i AF Gruppen	Bruksområder som vurderes/prøves ut
Mengdeberegninger og kalkulasjon	4D analyser i BIM (fremdriftsplanlegging)
Tverrfaglig koordinering med kollisjonskontroller	Bruk av BIM på byggeplass (Web-basert system)

Tabell 13: Bruksområder til BIM i AF Gruppen

Tabell 13 gir en oversikt over de to hovedbruksområdene til BIM som er godt implementert i AF Gruppen i dag, samt de bruksområdene som vurderes og prøves ut. De aller fleste anbud og kalkyler utarbeides med grunnlag i mengdene de henter fra BIM-modellen. Modellen benyttes til å gjennomføre tverrfaglige kontroller for å sjekke at alle fag som arkitekt, rådgivende ingeniører, VVS og elektro fungerer sammen, og for å kvalitetssikre at det kan bygges som prosjektert uten at det oppstår kollisjoner. Intervjuobjektene opplyser om at BIM-modellen hjelper dem med å oppdage feil og gjør det enklere for dem å visualisere hva om skal bygges.

Vedrørende utviklingen av BIM-modellen, er de prosjekterende pliktet til å levere inn IFC-modeller. IFC-modellene fungerer som en leveranse og alle samles til en felles 3D-modell. 3D-modellen gir en god fremstilling av hvordan bygget skal være og det er enkelt å fremstille alternativer og vurdere ulike løsninger. Når det gjelder fordelene og mulighetene med bruken av BIM-modellen er meningene blant deltakerne i prosjekteringsgruppen delt. Prosjekteringslederne forteller at det ikke er alle som ser fordelene BIM skaper og det potensialet modellen har. Når de prosjekterende bruker egne modeller i REVIT-filer ser de ikke like mange fordeler. Prosjekteringslederne forteller at de tror det er stort potensial for de prosjekterende ved å ha en mer omfattende bruk av BIM-modellen. I dag benytter de BIM som en 3D-modell, men informantene er klar over at det ligger mange andre egenskaper bak en BIM-modell som planlegging av fremdrift og innkjøp.

8.2.2 Bruk av 4D-analyser i BIM

Frem til nå har ikke BIM-modellen blitt benyttet til 4D-analyser i AF, men BIM-ansvarlige har begynt å sette seg inn i bruk av BIM som et verktøy til fremdriftsplanleggingen. De tester ut Syncro som er programvare for 4D og BIM, hvor de ser på muligheter for å optimalisere prosessen med fremdriftsplanleggingen. Deltakerne tenker at et system som Syncro kan gjøre det mulig for dem å se nye muligheter sammenlignet med den tradisjonelle planleggingsprosessen.

”Jeg tror at et system som Syncro kunne vært et verktøy der vi ser på andre muligheter enn hva vi tradisjonelt planlegger for” (BIM-koordinator)

Planen er å starte med og utforme grove fremdriftsplaner som kan anvendes for å illustrere ovenfor byggherre hvordan de har tenkt og gjennomføre prosjektet. Modellen skal også benyttes for egen del ved å kvalitetssikre den planlagte tiden for gjennomføring. Samtidig skal de se på mulighetene for å optimalisere den tiden de planlegger og bruke. Prosjekteringslederne har troen på at 4D-analyser kan hjelpe å forbedre fremdriftsplanleggingen. Prosjekteringsgruppen ser alltid etter en mer effektiv måte å gjennomføre prosjektet på, men erkjenner at det er forbedringspotensial der som kanskje 4D-BIM kan utnytte.

”Det er nok sannsynligvis ganske mye å hente på fremdrift som vi ikke utnytter godt nok i dag, vi er nok litt konservativ på fremdriftsplanleggingen” (BIM-koordinator)

Fremdriftsplanen for prosjektering utarbeides med utgangspunkt i hovedfremdriftsplanen for produksjonen. Først utarbeider de en plan og sjekker med dem som skal utføre arbeidet om planen er reel, og om den kan gjennomføres innen den tidsrammen som er satt. Deretter justerer de planen basert på tilbakemeldinger. Planene bygger altså på tilbakemeldinger fra de prosjekterende for å forsikre at de klarer og utføre leveransen til den bestemte datoen. Resultatet av denne prosessen er en omforent plan som de etterstreber å holde.

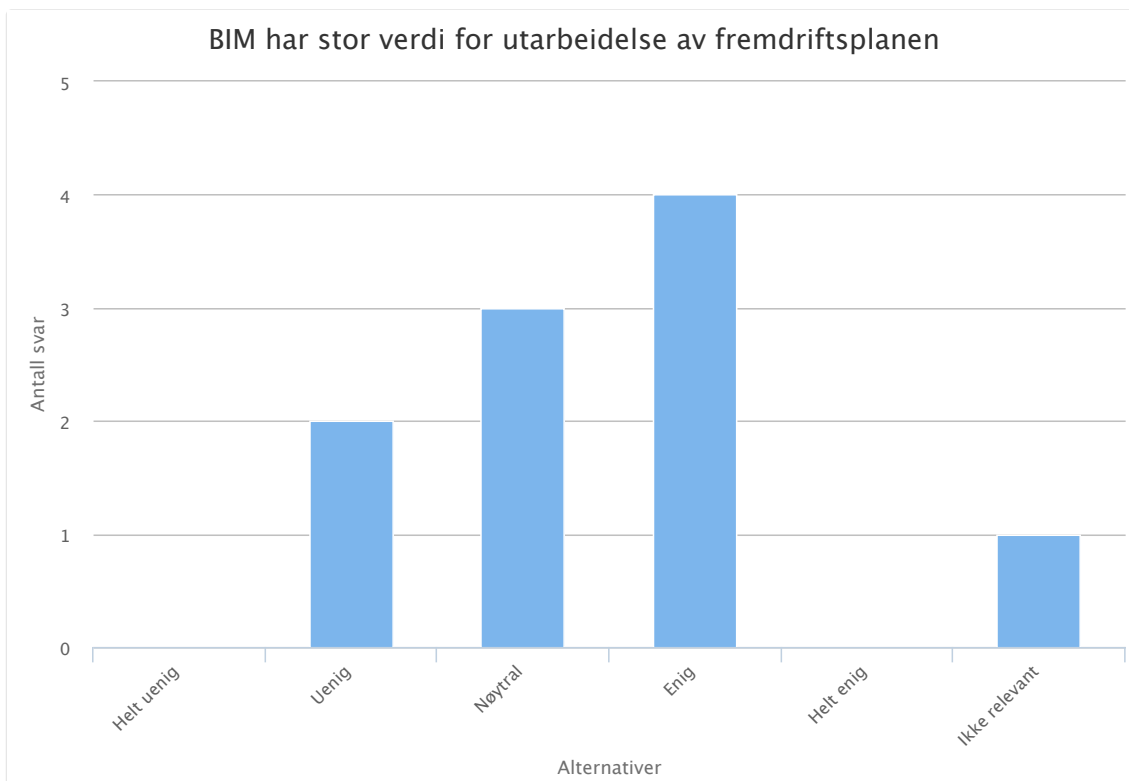
Prosjekteringslederne forteller at det er nødvendig at 4D-analysen resulterer i redusert gjennomføringstid, kostnad, eller økt kvalitet for prosjektet hvis den skal implementeres som

en del av bruken av BIM. Intervjuobjektene understreker at det er vanskelig å argumentere for en implementering hvis systemet koster mye, har et høyt brukersnitt og hvis det ikke er noe garanti på at produktet blir forbedret.

”I praksis hvis jeg skal argumentere for at vi skal bruke det, må det enten føre til at vi bruker kortere tid, sparer penger, eller oppnår en bedre kvalitet slik at vi får et bedre produkt”
(BIM-koordinator)

I forhold til 4D-analyser, har detaljplanleggingen til nå blitt gjennomført av erfarne produksjonsledere som har god kunnskap om hvor lang tid aktivitetene tar. I dag gjennomføres selve detaljplanleggingen enkelt ved at produksjonslederen printer ut en tegning og for eksempel marker de ulike støpe-etappene, regner på hvor mange kubikk det er, hvor lang tid det tar og hvor mye arbeidskraft som trengs. En introduksjon av et nytt verktøy krever forståelse for hvordan modellen er bygd opp og hvordan man skal splitte objektene i modellen for å for eksempel lage støpe-etapper. Samtidig skal man ha kontroll på hvordan man lager en fremdriftsplan digitalt i Microsoft Project eller tilsvarende. En av utfordringene intervjuobjektene trekker frem med å implementere nye verktøy og system er følgelig tilstrekkelig kompetanse. Selv om det er utfordringer med det ser informantene et stort potensiale i slike verktøy, og de har troen på at det kunne ført til et bedre produkt om alle hadde fått tilstrekkelig kunnskap og kompetanse om bruken av de. Intervjuobjektene trekker frem at det viktigste er at fremdriftsplanleggingen gjøres så enkelt som mulig, slik at alle involverte har oversikt.

I følge spørreundersøkelsen er det delte meninger om hvilken verdi BIM har for utarbeidelse av fremdriftsplanen, se Figur 31. Resultatene fremstiller hva deltakerne syntes basert på situasjonen i dag, og det må tas i betraktning at 4D-analyser ikke er implementert.



Figur 31: Resultat spørreundersøkelse: BIM har stor verdi for utarbeidelse av fremdriftsplanen

8.2.3 Pilotprosjekt

I AF Bygg Oslo kjører de nå et pilotprosjekt med bruk av BIM på byggeplass. I prosjektet har de et web-basert system for BIM hvor de laster opp en modell og tegninger til systemet. Ved å ha med en Ipad eller en Smartphone med android ut på byggeplassen er 3D-modellen tilgjengelig. BIM-modellen fungerer som et kvalitetsavvikssystem for prosjekteringsgruppen, hvor de enkelt kan kontrollere om det som blir gjort stemmer overens med 3D-modellen. Når avvik oppdages kan de føres opp og informasjon vises direkte på plattformen. Hvis avvik som oppdages ute på byggeplass er vanskelig å se på 2D-tegninger er det enkelt å gå inn i modellen og se hvordan det ser ut i 3D ved hjelp av det web-baserte systemet. Systemet fungerer slik at man har et koordinatfestet punkt i modellen hvor man plasserer avviket, og dette punktet blir tilknytningen til rapporten som genereres ut i fra systemet. Det er mulig å klikke på et objekt i modellen og opprette en rapport som vil hente ut informasjon fra det markerte 3D-objektet. I en planløsning vil man kunne se hvor de ulike avvikene er, og dette gir en god oversikt over hvilke punkter som er lukket og åpne, samt hvilke fag disse tilhører. Hvis man klikker på et objekt for å registrere et avvik kommer det automatisk informasjon om plassering og romnummer til objektet. Informasjonen lagres i en database slik at alt er søkbart og filterbart i etterkant.

Tradisjonelt når et avvik oppdages ute på byggeplassen og skal behandles, må den ansatte tilbake til brakkeriggen for å hente aktuelle tegninger. Deretter må personen ut på byggeplassen igjen for å vurdere avviket opp mot tegningene og eventuelt ta bilder for å dokumentere det. Etter det må vedkommende tilbake til brakkeriggen og skrive et brev hvis det skal varsles offisielt (varselbrev), samt lage en beskrivelse av avviket før det sendes på e-post. En slik prosess, fra noen finner avviket til e-posten er sendt kan fort ta et par timer. I det nye systemet er det kun fire ting som må fylles ut og denne behandlingsprosessen tar bare noen få minutter. Avviket må gis en tittel, en kort beskrivelse, og tilegnes den ansvarlige for å følge det aktuelle avviket opp. Underentreprenører og tekniske entreprenører kan legges inn i systemet med sine ansvarspersoner som er ansvarlig for å behandle slike avvik. Bilder av avviket kan legges til i modellen og det er mulig å markere på bildet. I tillegg til at systemet er effektivt får man full historikk og saksgang vedrørende det gjeldende avviket, og det er enkelt å sette en frist for behandling. En annen fordel er at systemet er ganske enkelt i web-grensesnitt og det er enkelt å følge opp og kontrollere hva som blir utført.

”En stor styrke til systemet er at det ikke er så mange tastetrykk som skal til for å få opprettet en sak. Man har med seg alt av tegningsunderlag, samt modellen ut på byggeplassen til en hver tid og da kan man raskt og enkelt opprette et avvik” (BIM-koordinator)

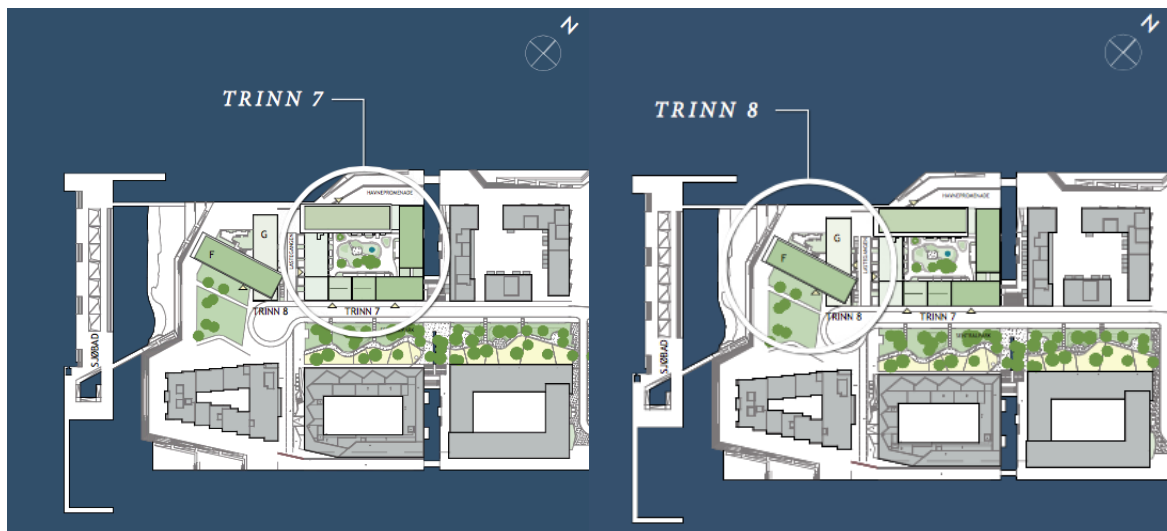
Det er velkjent i AF at det er nødvendig å endre tradisjonelle prosesser i byggebransjen for å tilrettelegge for bruken av nye verktøy som BIM. Intervjuobjektene ser definitivt utviklingspotensialet når det gjelder bruken av BIM og tror det kommer til å bli en dynamisk utvikling. Det at de har fått muligheten til å prøve ut dette web-baserte systemet mer eller mindre kostnadsfritt på pilotprosjektet kan være starten på denne utviklingen. Intervjuobjektene understreker nødvendigheten med et ordentlig initiativ fra ledelsessiden om dette skal bli implementert som en standard for alle prosjektene deres. Jamt over er det registrert få avvik i modellen, og selv i pilotprosjektet er det ikke vært en betraktelig økning i antall registreringer. Det er ikke så mye dokumentasjon som det burde være. Prosjekteringsledelsen understreker at det er nødvendig at deltakerne syntes det er et bra hjelpemiddel for at det skal tas i bruk. De er avhengige av at det web-baserte systemet fungerer bra i pilotprosjektet for at det skal implementeres. Hvis det fungerer bra i prosjektet, vil nok avdelingen i AF Bygg Oslo sette ressurser til bruk av BIM på byggeplass i fremtidige prosjekt.

8.3 Casestudie: Sørenga Byggetrinn 7 og 8



Figur 32: Sørenga

Prosjekt	Sørenga Byggetrinn 7 og 8
Type prosjekt	Leilighetsbygg (2 stk med 124 leiligheter totalt)
Byggherre	Sørenga Utvikling
Entrepriseform	Totalentreprise
Kontraktssum	MNOK 448 eks. mva
Ferdigstillelsesdato	Bt.7 okt. 2016 Bt.8 jan. 2017 (Råbygg for begge bygg: utgang 2015)
Areal	BTA: 20 150 m ²
Adresse	Sørengaia, 0194 Oslo
<p>Beskrivelse: Prosjektet Sørenga byggetrinn 7 og 8 består av grunnarbeid og fundamentering samt 124 leiligheter fordelt på to bygg.</p> <p>Byggetrinn 7 består av 96 leiligheter fordelt på 6 etasjer. Leilighetene er både 2 og 4 roms og varierer i størrelse fra 42 m² til 160 m² BRA.</p> <p>Byggetrinn 8 består av totalt 28 leiligheter fordelt på 5 etasjer. Byggetrinnet består av et variert utvalg av leiligheter fra 60 m² til 136 m². Figur 33 illustrerer situasjonsplanen til byggetrinn 7 og 8.</p>	



Figur 33: Situasjonsplan over Sørenga Bt. 7 og 8

8.3.1 Gjennomføring av prosjekteringsprosessen for Sørenga Bt. 7 og 8

I prosjekteringsprosessen i Sørenga Bt. 7 og 8 har AF initiert to prosjekteringsledere. Prosjekteringslederne syntes de er i en heldig situasjon med at AF Gruppen har gjort en erkjennelse om at det er behov for to prosjekteringsledere i prosjektene de håndterer. En fordel med å være to prosjekteringsledere er at de kan koordinere oppgavene seg i mellom og dette hjelper dem i prosjekteringsprosessen som her er påvirket av mye tidspress. Prosjekteringslederne har ansvar for å utarbeide referater, noe som har vært veldig tidkrevende i dette prosjektet. AF har mange gode systemer og prosedyrer for gjennomføring av prosjekteringsprosessen. I dette prosjektet opplyser prosjekteringslederne at de har opplevd problemer med å følge opp alle disse prosedyrene, og da fungerer det ikke optimalt i forhold til det potensialet som er der.

”Vi har mange gode systemer, men vi klarer ikke alltid følge dem opp, og da fungerer det ikke så bra i forhold til det potensialet disse systemene og prosedyrene har” (Prosjekteringsleder)

Prosessen med å utarbeide en plan for prosjekteringsfremdriften har vært krevende på dette prosjektet. AF ble initiert nesten samtidig som de skulle starte produksjonen og det var derfor et stort tidspress på prosjekteringsprosessen. Ettersom det ikke tok mange måneder fra de mottok kontrakten til de skulle starte byggingen, måtte et produksjonsunderlag utarbeides raskt. Dette førte til at starten av prosjekteringsprosessen ble en veldig intensiv periode der de måtte arbeide effektivt for å passe på at tegninger ble klare til produksjon. I starten av prosjektet må det planlegges veldig mye med utgangspunkt i produksjonen ute, og de er da avhengige av å få på plass milepælene slik at de mottar tegningsleveransene i tide for produksjon. Etter hvert i prosjekteringsprosessen tok prosjekteringen innpå produksjon slik at de kom på forskudd, følgelig ble produksjonsunderlaget ferdig i tide.

Når en fremdriftsplan for råbygg utarbeides er de avhengig av en toveis kommunikasjon. Det er nødvendig med feedback fra de prosjekterende, og prosjekteringsleder har behov for informasjon om hvor lang tid det tar å prosjektere. I dette prosjektet har tilbakemeldingen fra de prosjekterende på hvor lang tid de estimerer å bruke på de ulike delene vært varierende. Dette skaper problemer da det er nødvendig med denne informasjonen når avhengighetene skal vurderes og planen skal sys sammen. Det er arkitekten som er utgangspunktet for hele denne prosessen, da de lager underlaget for de tekniske og RIB. Prosessen er avhengig av at arkitekten er med fra start og er samarbeidsvillig. I dette prosjektet har prosjekteringsgruppen opplevd noen problemer med samarbeidet. Dette har ført til at ting som burde vært prosjektert

og som haster har dukket opp. Det eksisterer forbedringspotensial og denne prosessen kunne fordelaktig vært bedre for dette prosjektet. I forhold til den opprinnelige fremdriftsplanen for prosjekteringen ligger de etter, men de har tilpasset prosjekteringen slik at tegningene er på byggeplassen når de trenger dem.

Byggets utforming i dette prosjektet er arkitektonisk utfordrende og dette påvirker gjennomføringen av prosjekteringsprosessen, se Figur 34. RIV opplyser om at det ikke er satt av god plass til teknisk utstyr oppover i etasjene. Tekniske sjakter står ikke over hverandre i dette bygget, og dette er ikke optimalt for fag som blant annet rørleggeren. Gjennomføringen av prosjekteringsprosessen kunne derfor vært bedre med tanke på planleggingen av plasseringen av teknisk utstyr. Som et resultat av ugunstig plassering av teknisk utstyr oppstår det utfordringer med tanke på akustikk og brann. I tillegg vil det være utfordringer med tanke på føringer og montering.



Figur 34: Sørenga bt. 7 og 8

Utforming av planene

Planer som utarbeides i prosjekteringsprosessen er fremdriftsplanen, beslutningsplaner, innkjøpsplaner, avhengighetsplaner, tegningsleveranseplaner/dokumentplaner og distribusjonsplaner. Fremdriftsplanen utarbeides med bakgrunn i hovedfremdriftsplanen. Når hovedfremdriftsplanen for prosjektet er skissert kan fremdriftsplan for prosjekteringen lages. Vanligvis får AF en kontrakt hvor byggherre ønsker at bygget skal stå ferdig til en bestemt dato. Prosjekteringslederne starter da en prosess hvor de regner bakover fra den gitte datoen, og ser på hvor lang tid de har på å gjennomføre de ulike arbeidsoperasjonene med denne som

utgangspunkt. Prosjekteringslederne forteller at de ofte planlegger med litt margin. Hvis de får 3 måneder for å støpe dekke planlegger de å bruke disse 3 månedene, og de erkjenner at det kanskje kunne vært et større fokus på å optimalisere planen.

Det er stilt et krav internt i AF Bygg Oslo som sier at all detaljprosjekteringen skal være ferdig innen råbygget står oppe. Dette er en målsetningen for å være tidligere ute med prosjekteringen. Hvis ikke dette kravet kan nås skal det avvikbehandles. Når hovedfremdriftsplanen er på plass vet de tidspunktet for når råbygget står oppe og de har da en milepæl for når prosjekteringen skal være ferdig. Videre legger de inn flere milepæler, og utarbeider detaljfremdriftsplaner som de sender ut per mail. I dette prosjektet har de opplevd at de prosjekterende studerer denne detaljfremdriftsplanen i varierende grad, hvor noen er oppdatert på planen utfører andre kun det som er gjennomgått og avtalt i prosjekteringsmøtene. Prosjekteringslederne påpeker at det derfor er viktig at de går gjennom de nærmeste punktene på planen og gjør avtaler i prosjekteringsmøtene.

Prosjekteringsmøtene gjennomføres annen hver onsdag mellom BIM-møtene. På møtene gjennomgås hovedfokusområdene som nærmer seg og aktiviteter som skal gjennomføres i løpet av de neste ukene. Når de gjennomfører prosjekteringsmøter sjekker prosjekteringslederne status på fremdrift og kontrollerer at de prosjekterende har gjort det de skal. Prosjekteringsmøtet skal ikke være det samme som et arbeidsmøte, og skal i utgangspunktet ikke brukes til å løse problemer. De prosjekterende har ansvar for å koordinere arbeidsmøtene sine seg i mellom når det er behov for det.

For å kunne vurdere avhengighetene, samt hvor lang tid alle aktivitetene tar er det nødvendig at rådgiverne leverer tegningsleveranse-/dokumentplaner. Disse planene er grunnlaget for en relativt grov fremdriftsplan. En dokumentplan er en plan som viser en oversikt over alle tegningene, dokumentene eller rapporter som hver enkelt rådgiver skal levere. Det neste steget er å få en dato satt for alle disse dokumentene slik at det er mulig å vurdere hvordan de ligger an i forhold til målet om å være ferdig med prosjekteringen innen råbygget står ferdig.

Utarbeidelsen av fremdriftsplanen var utfordrende i dette prosjektet. Intervjuobjektene trekker frem at det har vært utfordringer med å utarbeide planen samt og holde planen. RIV opplyser at som et resultat av at fremdriftsplanen kom sent så har de hatt problemer med å følge den i forhold til tegningsutleggelse. Dette skyldes delvis at det har vært mer å gjøre enn hva de trodde i utgangspunktet, og delvis på grunn av forsinket underlag. De har klart å følge planen i forhold til betongleveranser og leveranser på alt av utsparinger og det som skal leveres på plassen. Oppfølging av fremdriftsplanen kan fordelaktig være bedre slik at fremdriftsplanen tar enda mer hensyn til alle fagene og konsekvensene dem i mellom.

Koordinering i prosjekteringsprosessen

Når alle leveranseplanene er innhentet må de gjennomgås for å koordinere avhengighetene mellom fagene. Hver enkelt rådgiver har behov for underlag for sin prosjektering, og det må derfor vurderes hvilket underlag de ulike rådgiverne trenger til hvilken tid. Målet er å ende opp med en fremdriftsplan som er omforent i prosjekteringsgruppen, og det står i kontraktene at en omforent fremdriftsplan skal overholdes i prosjektet. Tabell 14 fremstiller noen av hovedoppgavene som koordineres i prosjekteringsprosessen i et prosjektet. Intervjuobjektet fra RIV trekker frem at det ikke er alltid fremdriftsplanen samsvarer med tegningsleveranseplanene. Årsaken til dette kan være dårlig kommunikasjon mellom partene på hva de forventer de skal få inn av underlag mot det AF Gruppen forventer de skal levere. Kommunikasjon er et viktig punkt som kan forbedres, og følgelig forbedres koordineringsprosessen.

Koordinering i prosjekteringsprosessen	Hovedfremdriftsplanen er styrende for koordinering av fremdriftsplanen i prosjektering
	Tegningsleveranseplanene må gjennomgås for å koordinere avhengighetene mellom fagene
	Beslutningsplan må koordineres med fremdriftsplanen
	Innkjøpsplanen må koordineres med fremdriftsplanen

Tabell 14: Koordinering i prosjekteringsprosessen

AF Gruppen som totalentreprenør har ansvar for koordineringen og flyten i denne prosessen. I en totalentreprise som i dette prosjektet har entreprenøren ganske mye myndighet til å bestemme selv hva slags type løsninger som skal velges, men det er konkretisert i kontrakten hva byggherren ønsker å være med på og beslutte. Byggherren er ofte interessert i å være med på noen beslutninger, og derfor er beslutningsplanen en av tingene som må koordineres med fremdriftsplanen, som illustrert i Tabell 14. Hvis prosjekteringsgruppen stopper opp på grunn av manglende beslutning fra byggherren blir det gjerne AF sitt problem. Derfor fokuserer prosjekteringsledelsen i AF på å ha en omforent beslutningsplan og oversender beslutningsgrunnlaget til byggherren innen de frister som er avtalt slik at de kan gjøre sine beslutninger. Hvis AF ikke får en beslutning innen fristen har de mulighet til å kreve tillegg i forbindelse med forsinkelse fra byggherren.

Når det oppstår en forsinkelse, uansett hvem som har skyld i den, kan det være lett å miste overblikket. En forsinkelse kan ha mange ringvirkninger som det ikke er enkelt å se konsekvensene av. Intervjuobjektene belyser at det kunne vært fordelaktig å forbedre koordineringsprosessen, og at dette kunne gitt dem bedre oversikt når forsinkelser oppstår.

”Prosjekteringsprosessen er kompleks, og det er nok forbedringspotensial i koordineringen av den” (BIM-koordinator)

Metoder og verktøy benyttet i prosjekteringsprosessen

Prosjekteringsgruppen i AF benytter interne styringssystemer som inneholder prosedyrer, kontrolldokumenter, hjelpedokumenter og maler på hvordan prosjekteringsprosessen skal gjennomføres. Dokumentene beskriver også hvordan prosjekteringsledelsen skal praktisere i prosjekteringsprosessen. Det er 12 prosedyrer som retter seg direkte mot prosjektering. Disse inkluderer maler på planer som må utarbeides, og sjekklister som skal utfylles. Intervjuobjektene trekker frem at det er variabelt hvor grundig deltakerne studerer disse prosedyrene. De presiserer at det kan være utfordringer med en lang og komplisert tekst som skal formidle hvordan prosessen bør gjennomføres.

Bortsett fra interne prosedyrer benytter de Microsoft Project som et verktøy i fremdriftsplanleggingen, samt et tegningsprogram som heter DWG hvor de tegner i 2D. Når det kommer til andre metoder og verktøy presiserer intervjuobjektene fra prosjekteringsgruppen i AF at de ikke har erfaring med det.

I prosjekteringsprosessen benytter RIV kvalitetssystemet K3, et internt system i Rambøll. Kvalitetskontrollen gjennomføres med egenkontroll og sidemannskontroll ved hjelp av rigide sjekklister. RIV utfører også egne BIM-kollisjonskontroller før de gir leveransen til AF for å

sikre seg at ting ikke krasjer. Informanten fra RIV presiserer at dette er et bra system for å fange opp prosjekteringsfeil.

Måling og oppfølging

I dette prosjektet har ikke AF benyttet noe direkte system som måler fremdriften ut i fra fremdriftsplanen. Deltakerne fra prosjekteringsgruppen i AF erkjenner at det kunne vært fordelaktig med oppfølging i form av målinger for å ha bedre kontroll over fremdriften i prosjekteringsprosessen. Slik det er i dag er det veldig lett å miste overblikket når det oppstår en forsinkelse, da forsinkelsen kan påvirke og ha konsekvenser for mange andre aktiviteter. Deltakerne understreker at ulike målemetoder burde innføres om de resulterer i at prosjekteringsledelsen får bedre kontroll over prosjekteringsprosessen.

”Det kunne vært hensiktsmessig å måle fremdriften i prosjektet for å holde oversikten over hvordan vi ligger an” (BIM-koordinator)

På dette prosjektet sjekker prosjekteringslederne fremdriften ved å bruke programmet Microsoft Project. Denne målingen er det kun prosjekteringslederne som har oversikt over, og den er ikke synlig for de andre i prosjekteringsgruppen. Aktiviteter som haster blir tatt opp og gjennomgått av prosjekteringslederne i prosjekteringsmøtene.

I denne totalentreprisen er de rådgivende ingeniørene på et fastpris honorar, og de er følgelig opptatt av hvor mye arbeid de har igjen i forhold til fristene. RIV har interne statusmøter hver uke hvor de måler fremdriften. På fremdriftsmøte gjennomgår de fristene, hvor langt de har kommet og hvor mye de har igjen.

Prosjektene blir oftest målt på grunnlag av økonomien til prosjektet. De prosjektene som går dårlig blir viet en del tid og ressurser fra hovedkontoret for å vurdere hva som går galt og hvorfor. Denne typen erfaring prøver de og ta med seg videre. Hvis prosjekter gjør det økonomisk bra derimot, er det ikke sikkert de tar vare på erfaringene. Det er meningen de skal gjennomføre erfaringsoverføring etter hvert prosjekt, men dette er ikke tilfelle for alle prosjektene. Det blir nedbemannet veldig på slutten av prosjektene, og det må settes av tid og ressurser hvis denne erfaringsoverføringen skal gjennomføres.

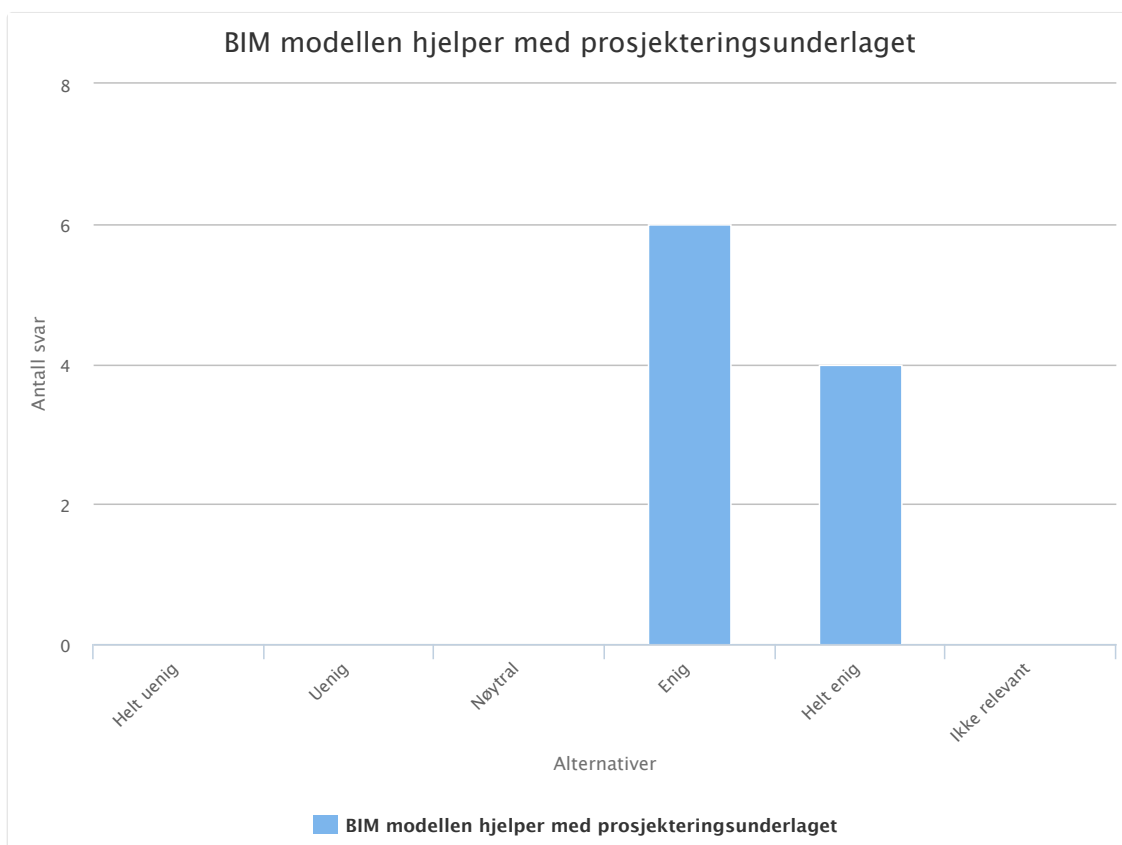
Når punktene i kollisjonsrapporten er ferdigbehandlet lukker de punktene. I Sørenga bt.7 og 8 har de ikke ført statistikk på antall åpne og lukkede punkter til enhver tid, noe som har blitt gjort i tidligere prosjekt. Intervjuobjekter fra prosjekteringsledelsen i AF forteller at det hadde vært fordelaktig å gjennomført en slik måling på dette prosjektet også.

”Vi har tidligere kjørt statistikk på åpne og lukkede punkter, og det var greit å se at antall åpne punkter gradvis ble mindre, det er veldig tilfredsstillende og se at det fungerer” (BIM-koordinator)

Prosjektet har eierskap til etter 1-års befaringen er gjennomført. Prosjektet er åpent frem til da i tilfelle det oppstår reklamasjonssaker i løpet av det første året. Etter ett år tar ettermarkedsavdelingen over. Intervjuobjektene understreker at det er verdifullt å ta vare på alle erfaringer slik at de kan unngå reklamasjoner i senere prosjekt.

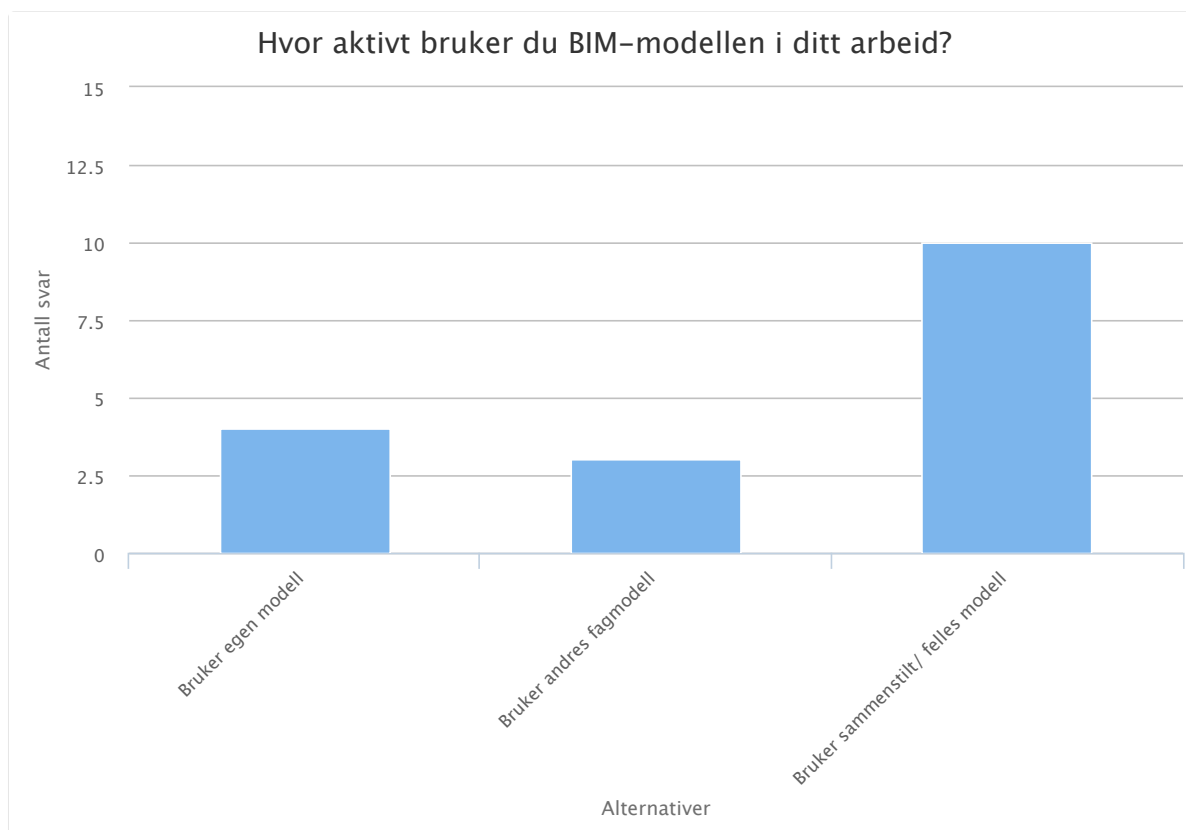
8.3.2 Bruk av BIM i prosjekteringsprosessen

AF benytter en bygningsinformasjonsmodell (BIM) i Sørenga byggetrinn 7 og 8. Ansatte i AF presiserer at den tiden de prosjekterer bruker på BIM-modellen er en investering og at bruken av BIM har en merverdi for prosjektet. Intervjuobjektene understreker at BIM er et godt verktøy og samtlige har god erfaring med bruk av BIM i prosjekteringsprosessen. Resultatene fra spørreundersøkelsen fremstilt i Figur 35 viser at BIM-modellen hjelper med prosjekteringsunderlaget.



Figur 35: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen hjelper med prosjekteringsunderlaget

Prosjekteringsledelsen i AF går inn i prosjekt med en forutsetning om at BIM skal anvendes uavhengig av hva byggherren krever. Dette er grunnet den store verdien de mener BIM tilfører prosjektene deres. I starten av dette prosjektet avklarte BIM-koordinatoren i AF med de ulike rådgiverne hvordan arbeidet med BIM-modellen skulle gjennomføres. Videre i prosjektet har prosjekteringslederne blitt mer selvgående med arbeidet med BIM-modellen, men BIM-koordinatoren bistår dem ved behov. Resultatene i Figur 36 indikerer at de fleste deltakerne bruker BIM-modellen mye i sitt arbeid i dette prosjektet. RIV opplyser om at de bruker BIM-modellen mye i sitt arbeid ettersom dette prosjektet er arkitektonisk utfordrende.



Figur 36: Resultat spørreundersøkelse: Bruk av BIM-modellen

Samtlige fag bortsett fra landskapsarkitekt (LARK) bruker BIM-modellen i dette prosjektet. Prosjekteringslederne presiserer at de bruker 3D-modellen kontinuerlig og de anser det som et nyttig verktøy for de som driver med prosjektering. Modellen fungerer som et godt hjelpemiddel hvor prosjekteringsgruppen kan gå inn i modellen og være proaktiv ved å ta problemene på et tidlig stadium. Intervjuobjektene trekker frem at en av mange fordeler er at man kan identifisere feil tidligere og enklere ved å bruke BIM-modellen. Et av formålene med å implementere BIM er at man oppdager og får løst alle de tverrfaglige problemene i tidligfase, lenge før arbeidstegningene er ute på byggeplassen. Noen av fagene ser fordelene ved å bruke BIM. De tekniske fagene ser blant annet en fordel ved at de kan være litt tryggere på at de har koordinert aktivitetene sine riktige. De aller fleste rådgivere innen betong (RIB) tegner i 3D uansett på grunn av fordelene det gir dem. I dette prosjektet etterspør RIB IFC-modeller fra de andre tekniske for å kunne modellere sine aktiviteter som utsparinger. RIV mener også det er helt nødvendig å bruke IFC-modeller i dette prosjektet grunnet de arkitektoniske utfordringene.

”Det å ikke bruke IFC-modellen i dette prosjektet hadde ikke fungert, modellen hjelper med utfordringer og vi bruker modellen daglig” (RIV)

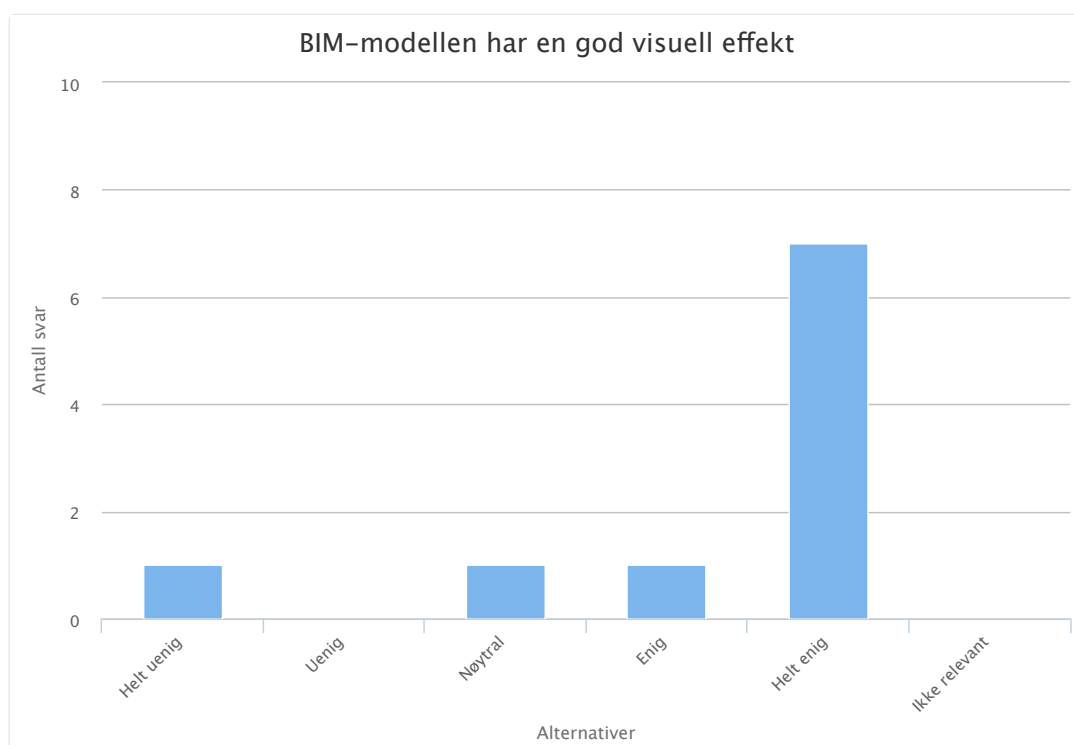
I dette prosjektet jobber fagene hver for seg med BIM-modellen. Hver rådgiver sitter i sitt eget software-miljø med sin programvare som er tilpasset deres fagfelt. Alle eksporterer en IFC-modell som danner grunnlaget for en felles modell. IFC-modellen fungerer som en leveranse som skal inn hver 14.dag som avtalt i dette prosjektet. Prosjekteringsledelsen i AF sammenstiller modellene fra rådgiverne og kjører kollisjonskontroll. Dette arbeidet kunne vært satt bort til noen andre, men AF har i dette prosjektet valgt å styre denne prosessen selv uten å leie inn eksterne. Rådgiverne utveksler av og til IFC-modeller seg i mellom, for eksempel sender de tekniske fagene sine modeller til RIB slik at RIB kan få inn utsparinger i sin modell.

Som totalentreprenør i dette prosjektet har ikke AF lagt mange føringer på hvordan rådgiverne skal utveksle filer seg mellom. Prosjekteringsledelsen i AF tenker det er fordelaktig at rådgivergruppen selv bestemmer hvordan arbeidsflyten deres skal være. En av årsakene til denne avgjørelsen er risikoen som ligger der hvis de bestemmer at rådgiverne skal gjennomføre prosessen på en bestemt måte som mot formodning ikke skulle fungere. I så tilfelle er det AF som blir stilt ansvarlig og kan få tillegg og ekstrakostnader. En ulempe med å ikke legge føringer for utveksling av IFC-modeller er gangen i utviklingen av BIM. Dette siden hver enkelt rådgiver får gjøre hva de ønsker og de er dermed ikke nødt til å utfordre bruken av BIM. I dette prosjektet har RIV og RIE sjeldent utvekslet modeller og hatt særmøter med felles modell, da RIE ikke har like mye utstyr i modellen som RIV har. Dette har de løst ved at en av partene har bearbeidet modellen og gitt beskjed til den andre parten hvis det er behov for at de tilfører noe.

Bruk av BIM som et visualiseringsverktøy

En av de store fordelene med å benytte BIM er at det er et godt visualiseringsverktøy. Dette stemmer overens med funnene fra de semi-strukturerte intervjuene og spørreundersøkelsen. Resultatet fra spørreundersøkelsen indikerer at de fleste mener BIM-modellen har en god visuell effekt, se Figur 37. Deltakerne presiserer at BIM-modellen gir et godt overblikk og øker forståelsen til de som bruker modellen. I følge intervjuobjektene kan modellen hjelpe deltakere med å forstå ting de ikke klarer å forstå ved å studere en 2D-tegning.

På prosjektet har alle som sitter på kontoret Solibri og modellen tilgjengelig, men de har ikke et system for å få modellen ut på byggeplassen på dette prosjektet. Prosjekteringslederne er erfarne med bruken av BIM, og noen av produksjonslederne ser nytten med å bruke modellen. Intervjuobjektene understreker at det kunne vært fordelaktig for de utførende å bruke BIM-modellen på byggeplassen. Erfaringsvis hjelper BIM-modellen baser og andre deltakere med å visualisere designet slik at de kan få en klar oppfatning om hvordan oppgavene skal utføres.

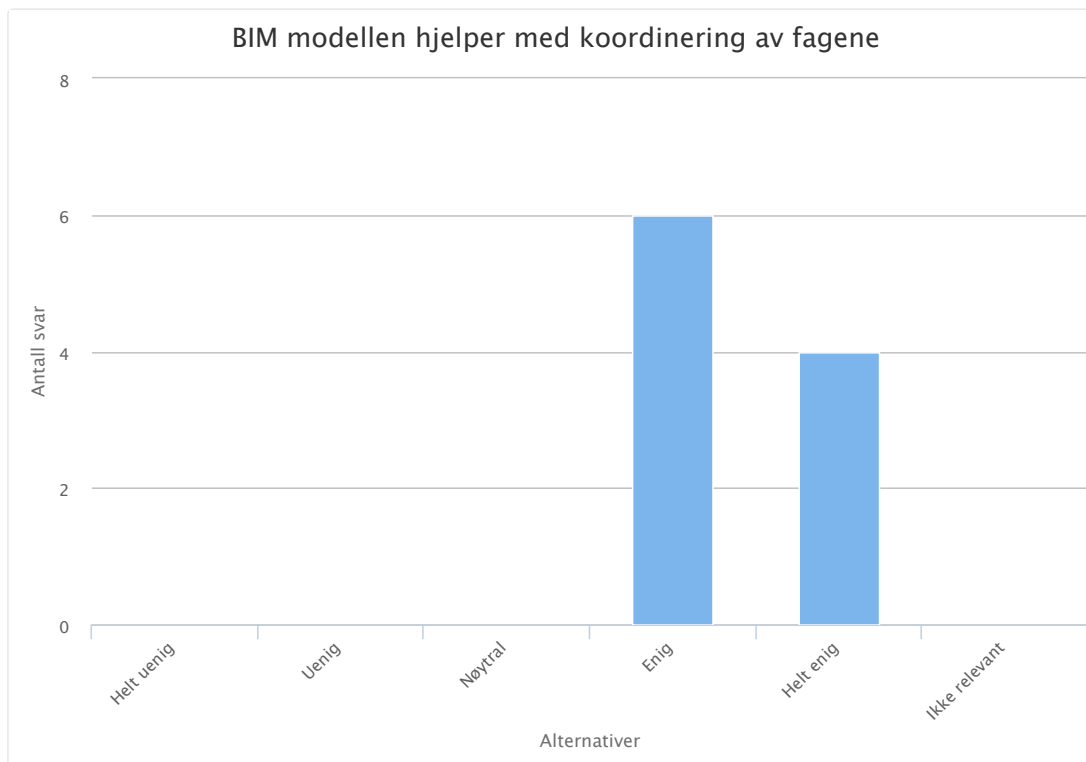


Figur 37: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellens visuelle effekt

Bruk av BIM til tverrfaglig koordinering

Prosjekteringsgruppen bruker BIM til å gjennomføre tverrfaglige kontroller med kollisjonskontroller. Intervjuobjektene understreker hvor nyttig det er å bruke BIM i koordineringsprosessen sammenlignet med å koordinere uten og modellere i 3D. Erfaringene deres er at bruk av BIM som et hjelpemiddel til tverrfaglig koordinering skaper merverdi for prosjektet. Resultatet fra spørreundersøkelsen viser at deltakerne er enige i at BIM-modellen hjelper med koordinering av fagene, se Figur 38.

”Jeg mener at BIM absolutt er et viktig hjelpemiddel for oss for å ha kontroll på den tverrfaglige koordineringen” (BIM-koordinator)



Figur 38: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen som hjelpemiddel for koordinering av fag

Bruk av BIM til mengdeberegninger og kalkulasjon

Et annet hovedområde til bruk av BIM i AF er mengdeberegninger og kalkulasjon. Modellen benyttes på dette prosjektet til å gjøre mengdeberegninger for innkjøp, bestilling og produksjonsplanlegging. Prosjektlederen bruker også modellen aktivt mot både byggherre og eventuelle leverandører for å vise ulike alternativ, samt som et verktøy i ulike møtesammenhenger.

8.3.3 BIM-møte

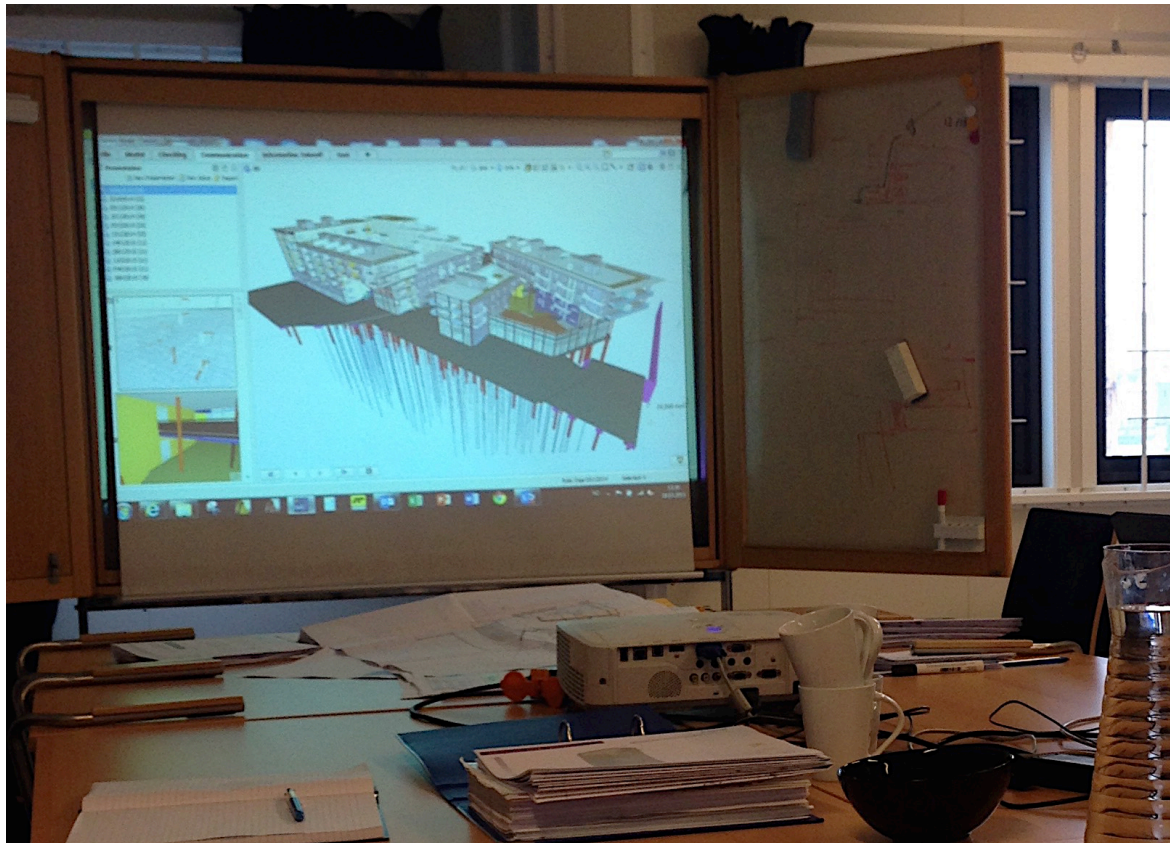
Det første BIM-møtet ble holdt 22.10.2014. Oppstartsmøte for BIM ble fasilitert av BIM-koordinatoren. Før dette oppstartsmøtet sørget AF for at de hadde fått med alle kravene deres til BIM i tilbudsforespørsler og kontraheringen. Det første som skjer i et oppstartsmøte er en generell introduksjon om hva som er formålet med å bruke BIM i prosjektet og hvordan arbeidet skal gjennomføres rent praktisk. Videre gjennomfører BIM-koordinator samtaler med hver enkelt rådgiver om hva som forventes av dem i forhold til arbeidet med BIM-modellen, og kravene i kontrakten gjennomgås. Bakgrunnen for denne samtalen er at det kan være vanskelig å beskrive detaljeringsgraden til modellen tilstrekkelig gjennom tekst. Oppstartsmøte handler altså om at alle skal få like forutsetninger og lik forståelse om hvordan de skal bruke BIM-modellen.

Hver 14. dag arrangerer AF felles BIM-møte hvor prosjekteringsgruppen i dette prosjektet går gjennom en kollisjonsrapport. Gjennomførelsen av BIM-møte er presentert i Tabell 15. Deltakerne på møtet er prosjekteringsleder(e), BIM-koordinator, RIA, RIB, ARK, RIE og RIV. RIV som sitter på kontoret til Rambøll i Trondheim deltar som oftest på møtet via Lync og syntes det fungerer veldig bra.

Gjennomførelse	Beskrivelse
Kollisjonsrapport deles ut	Kollisjonsrapport som BIM-koordinator/PRL har utarbeidet sendes ut i forkant av møtet. Hvis ikke deles rapporten ut i starten av møtet
Generell informasjon gis	I starten av møtet gir prosjekteringsleder og BIM-koordinator generell informasjon om møtet og en kort agenda
Rask gjennomgang av status til den gamle rapporten	Gruppen går gjennom gamle punkter og ser hva som utføres på disse, og hva som er igjen
Visuell bruk av BIM-modellen	BIM-modellen er oppe på et Whiteboard slik at alle deltakerne kan følge med på hva som gjennomgås, se Figur 39
Gjennomgang av kollisjonsrapporten (vedlegg J)	Punktene i kollisjonsrapporten gjennomgås punktvis og de diskuterer eventuelle løsninger og avklarer hvem som er ansvarlig for hvert punkt
Lukker punkter når de er utført	Punktene i kollisjonskontrollrapporten er merket åpne, og når de blir utført eller løst lukkes de
Lukker punkt og henviser til nyere punkter	Når gamle punkter blir gjennomgått og modellen endres, legges det til ekstra informasjon og punktet kan bli uoversiktlig. Dette løser de ved å henvise kollisjonspunktet til et nytt punkt som er laget på samme konflikt bare i en nyere versjon av modellen for å gjøre det mer oversiktlig
Avtaler særmøter	Avtaler hvem som skal møtes og samarbeide nærmere om den aktuelle kollisjonen dagen etter eller videre fremover
Avtaler og planlegger hva som skal gjøres fremover	Prosjekteringsleder tar initiativ for å starte og planlegge hva som skal gjøres fremover
Avtaler agenda for neste møte og når leveransene skal inn	De avtaler hva som skal skje på neste møte og når IFC-modellene skal inn

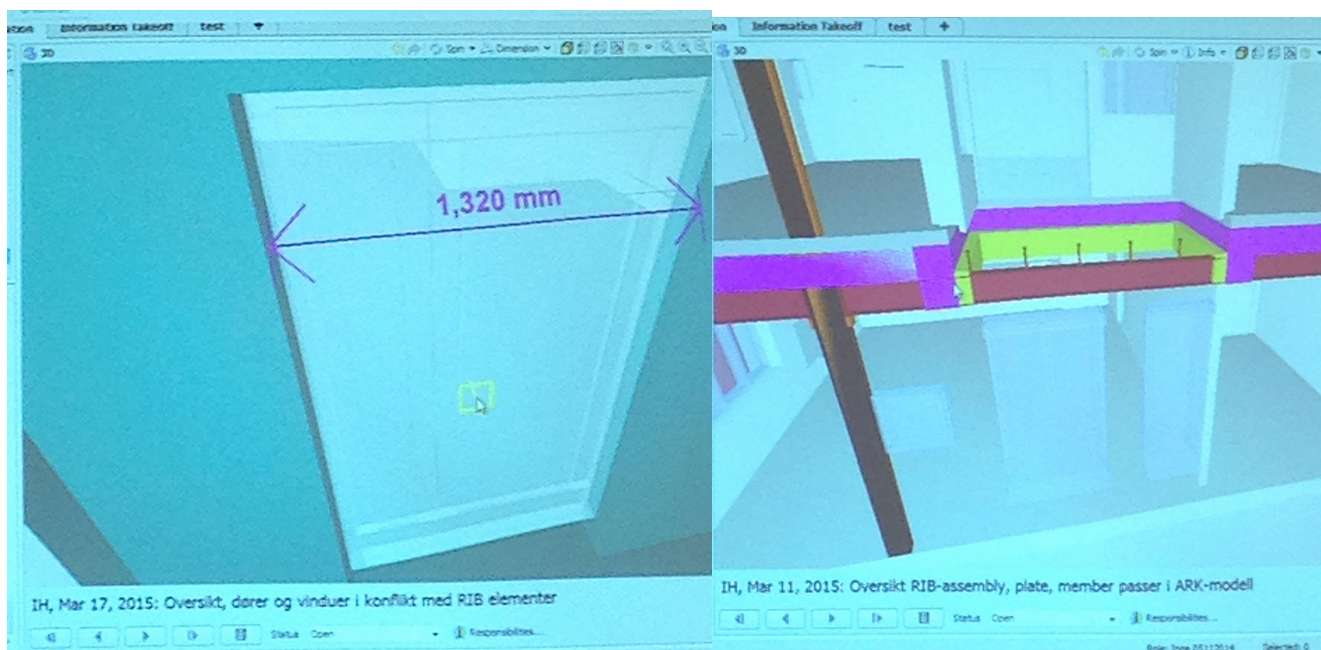
Tabell 15: Gangen i BIM-møtet

BIM-koordinatoren i AF utarbeider en kollisjonsrapport i forkant av møtet og fungerer som fasilitator. Når BIM-koordinatoren ikke er tilstede er det en av prosjekteringslederne som har denne funksjonen. Den ene prosjekteringslederen går gjennom modellen, mens den andre skriver referat og sender ut rapporten. Så langt det lar seg gjøre prøver de å sende ut rapporten til rådgivergruppen i forkant av møtet slik at alle er forberedt. Rapporten inneholder en liste med åpne punkter som må gjennomgås og identifiseres. AF setter frister for når oppgavene skal være utført og som standard er denne fristen to uker. Hvis de prosjekterende behøver mer enn disse to ukene må de gi tilbakemelding på det. Fristene er i dette prosjektet fulgt til en viss grad, men oppfølgingen kunne fordelaktig vært forbedret av alle parter.



Figur 39: BIM-modellen er synlig for alle i møtet på et Whiteboard

I møtet går prosjekteringsgruppen gjennom problemer hvor aktørene har ulike interesser og formål. BIM-møtet sørger for at de endringer som blir gjort er best for alle. Prosjekteringsgruppen fokuserer på de kollisjonskonflikter som er kritiske og avtaler hva som må endres umiddelbart for at det ikke skal skje endringer etter produksjonen har startet. BIM-koordinatoren zoomer inn og ut av kollisjonspunktene og tar ut informasjon fra modellen mens gruppen diskuterer og kommer frem til løsninger. Informasjon som kan tas fra modellen er blant annet avstand mellom rør, rør-vegg, rør-dør, tak-rør, et eksempel er vist til venstre i Figur 40. Når de gjennomgår punktene sjekker de om det er ekstra kommentarer er lagt til for å forsikre at ingenting er glemt og oversett.



Figur 40: Avstand mellom elementer og kollisjonskonflikt mellom ARK-RIB

Underveis i BIM-møtet noterer prosjekteringsleder på PC og lager referat, og deltakerne noterer med penn og papir slik at de har kontroll over hva de skal gjøre. Hvis en av fagene har mange punkter som må løses gjøres det prioriteringer for hvilke punkter de må utføre først. På BIM-møtet den 18.mars hadde RIB mange punkter de måtte utføre innen en kort tidsperiode, og da brukte prosjekteringsgruppen ekstra tid på å diskutere hva som var mest kritisk og hva som måtte prioriteres. Siste delen av møtet gikk de gjennom kollisjoner mellom ARK-RIB da disse kollisjonene var kritiske og få plass i dette stadiet av prosjekteringsprosessen, se eksempelet i Figur 40. RIV opplyser at de syntes det er hensiktsmessig og dele inn møtene slik for da trenger ikke alle å være med når saker som ikke gjelder dem gjennomgås. Videre forteller intervjuobjektet fra RIV at alle fagene selv har ansvar for å gjennomføre egne møter med aktuelle fag.

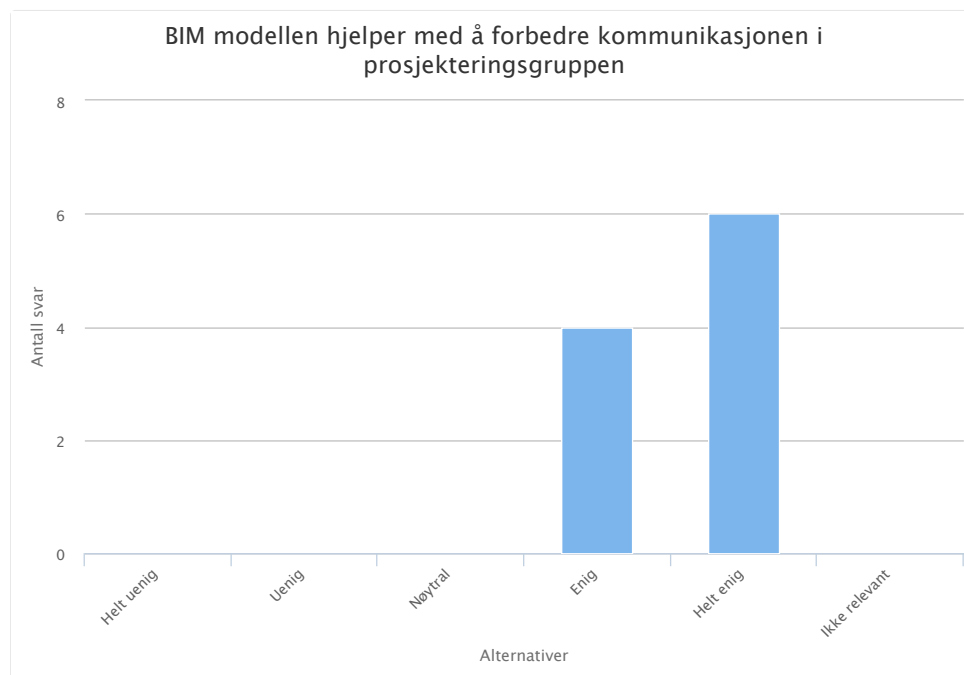
Problemet med å gjennomføre kollisjonskontrollene er at BIM-møtene ofte kan bli veldig omfattende. Det er ofte veldig mange punkter som dukker opp i kollisjonskontrollen og møtene kan da ta veldig lang tid. I tillegg må prosjekteringslederne ofte bruke tid på å purre på deltakerne for at de skal løse og utføre kollisjonspunktene. Prosjekteringslederne informerer om at det kan oppstå problemer ved at deltakere lar punkter ligge på vent. Selv når små punkter/detaljer blir liggende, kan det hope seg opp og involvere og påvirke andre fag. Små detaljer kan dermed resultere i nye problem og gå utover effektiviteten til de involverte fagene. Prosjekteringslederne ser derfor fordelen i at kollisjoner løses fortløpende og tidligst mulig.

Fordeler med BIM-møtet:

- Skaper automatisk god kommunikasjon siden de går gjennom punkt for punkt i kollisjonsrapporten og alle blir nødt til å delta
- Gir god oversikt - det er enkelt for deltakerne og henge med på hvilket punkt som gjennomgås da alle har kollisjonsrapporten og BIM-modellen fremfor seg

- Gir en god visuell effekt - Alle deltakerne ser enkelt hva som er problemet og gjør raske avklaringer og beslutninger. Når elementer er feilplassert/kopiert i BIM-modellen oppdages de raskt og kan lett fjernes i etterkant av møtet
- Forbedrer koordineringen av fagene
- Hjelper deltakerne med å evaluere alternative løsninger og komme frem til felles enighet
- Forhindrer at endringer oppstår etter at produksjonen er startet
- Effektiviserer prosjekteringsarbeidet

En av fordelene med BIM er at deltakerne enklere kan evaluere løsninger i plenum og komme frem til en beslutning sammen. Dette samsvarer med resultatet fra spørreundersøkelsen som viser at kommunikasjonen blir bedre ved bruk av BIM-modellen, fremstilt i Figur 41.

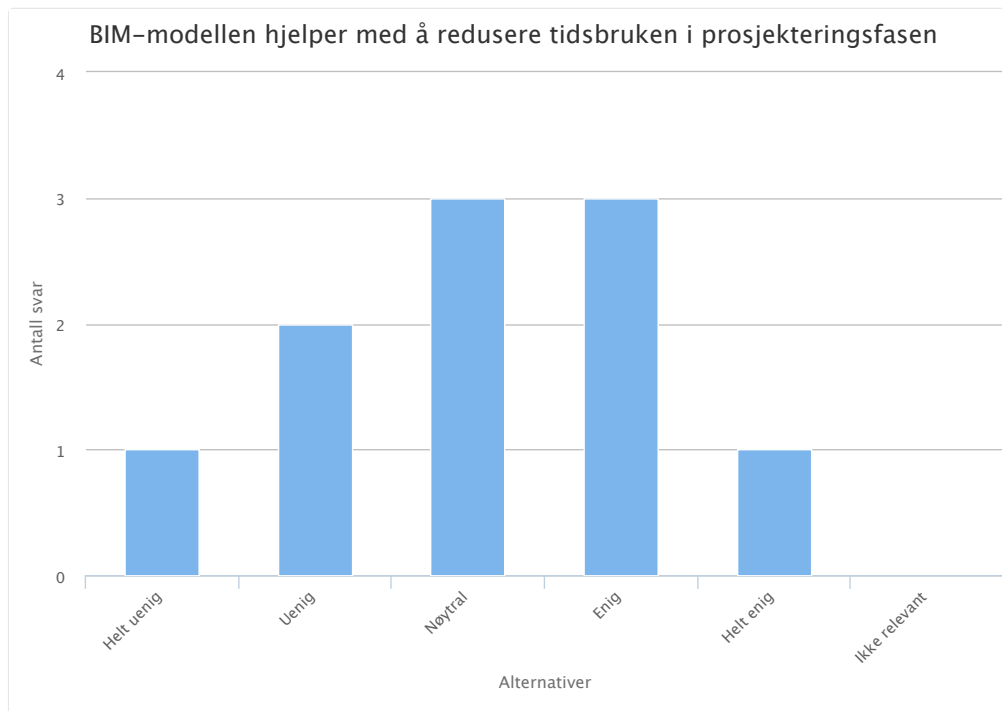


Figur 41: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen hjelper med å forbedre kommunikasjon

”Diskusjonen blir mer effektiv når vi ser det i en 3D-modell, og problematikken fremkommer mye tydeligere enn hva den gjør med å se på 2D-tegninger” (Prosjekteringsleder)

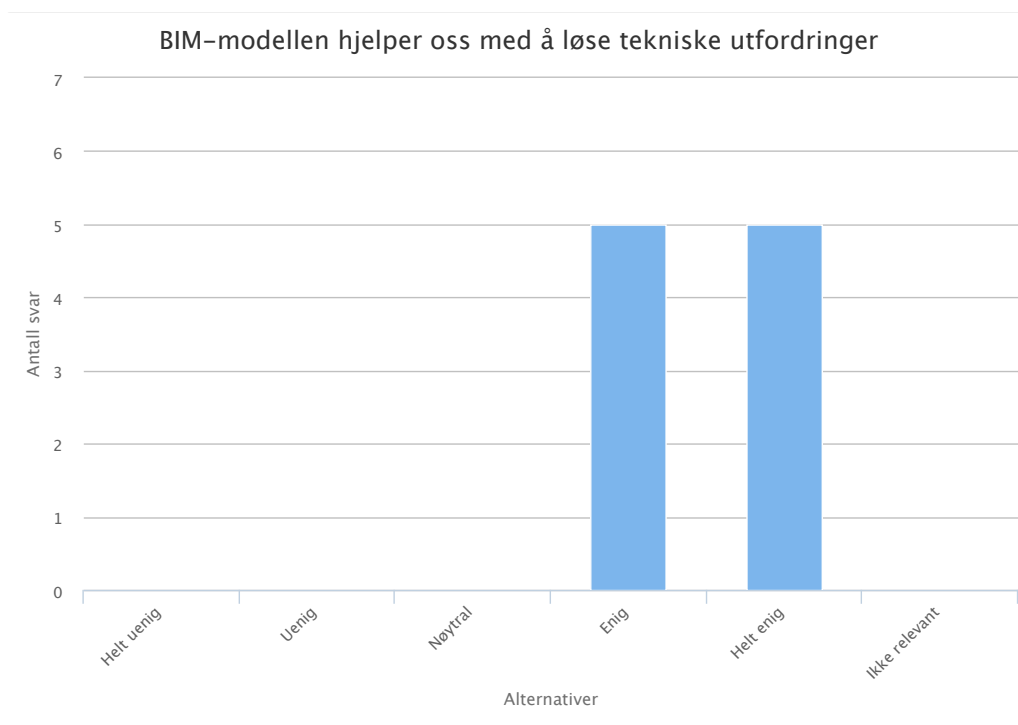
”Jeg mener BIM-møtene er et veldig bra fora for kommunikasjon i prosjekteringsgruppen” (RIV)

Den generelle oppfatningen blant intervjuobjektene er at bruk av BIM og gjennomføring av BIM-møter effektiviserer prosjekteringsprosessen totalt sett. I følge resultatet fra spørreundersøkelsen er det mange deltakere som ikke er enige i påstanden om at BIM-modellen hjelper med å redusere tidsbruken i prosjekteringsprosessen, se Figur 42.



Figur 42: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen hjelper med å redusere tidsbruken

Resultatene indikerer at BIM-modellen er et godt verktøy for prosjekteringsgruppen i Sørenga bt.7 og 8. Modellen er brukt til å avdekke viktige punkt i BIM-møtene. Det er vanskelig å vite om de punktene hadde blitt fanget opp om det ikke var for BIM-møtene. Selv om de har vært litt sent ute med noen punkter så er i hvert fall tekniske utfordringer som er avgjørende fanget opp i tide. BIM-modellen hjelper prosjekteringsgruppen med å løse tekniske utfordringer i følge svarene fra spørreundersøkelsen, fremstilt i Figur 43.



Figur 43: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen hjelper med å løse tekniske utfordringer

8.3.4 utfordringer med bruk av BIM

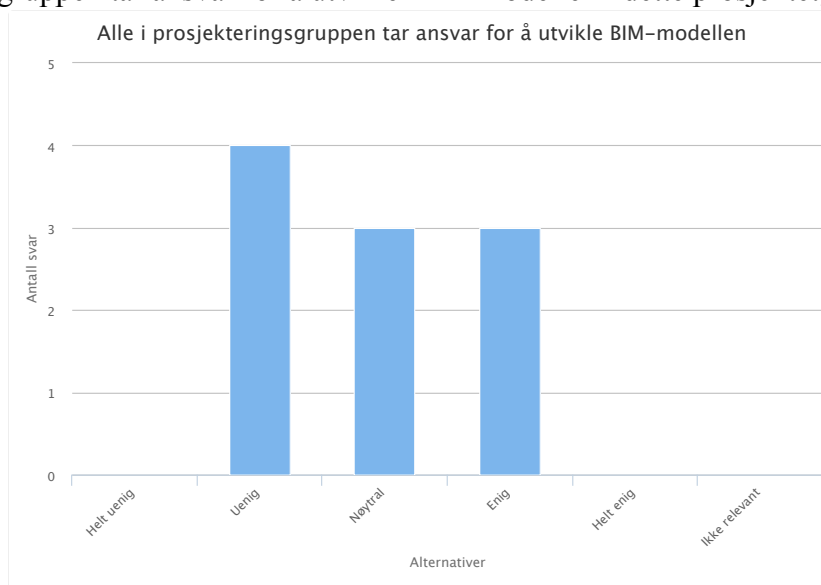
Krav til kompetanse

En utfordring når det gjelder bruken av BIM er at det stiller krav til kunnskap og kompetanse om programmet. Prosjekteringslederne ytrer forståelse for at rådgiverne syntes det er enklere og bruke de metodene de tradisjonelt bruker. Det er utfordringer med å benytte nye verktøy og ved mangel på kunnskap om en programvare resulterer en implementering i en komplisert prosess. Intervjuobjektene informerer at de har opplevd diskusjoner om formateringer og format på filene mellom ulike rådgivere. Prosjekteringslederne har registrert at det har vært problemer med hvordan fagene deler inn filer, lag og navnsetter lagene. Når filene har ulike format kan det resultere i at de ikke får opp informasjonen slik de ønsker, og det krever at prosjekteringsleder har god kunnskap om BIM-modellen. Med hjelp fra BIM-koordinator har prosjekteringsledernes kompetanse på BIM blitt stadig bedre, og de er rustet til å løse utfordringer som dette bedre.

”Jeg skjønner at det er enklere for rådgiverne å bruke de metodene de har brukt før, da det er utfordrende å bruke nye verktøy, og om man ikke kjenner programvaren godt så kan det føre til en kronglete prosess” (Prosjekteringsleder)

Problemer med å se fordelene med BIM

En annen utfordring i dette prosjektet har vært at ledelsen til arkitekten mener at BIM er tidkrevende og de ser ikke den gevinsten modellen gir. Arkitekten mener BIM kommer som en tilleggsbelastning og har følgelig tatt ekstra betalt for å utarbeide en BIM-modell i kontrakten. Andre rådgivere i prosjekteringsgruppen ser på BIM som et viktig og godt verktøy i sin prosjektering, og er med på utnytte teknologien. Deltakerne påpeker at ikke alle ser fordelene med å bruke BIM-modellen, og at det ofte er den eldre generasjonen som ikke ser verdien av BIM. Det er viktig å få alle aktører til å innse hva de kan vinne på å få kompetanse slik at de kan bruke BIM. Hvis alle deltakerne kan bruke programmet er det et potensiale for å kunne spare masse tid sammenlignet med tradisjonell prosjektering. For å utnytte dette potensialet er det nødvendig at alle deltakerne tar ansvar for å utvikle modellen. Resultatet fra spørreundersøkelsen viser at deltakerne har ulike synspunkt på om alle i prosjekteringsgruppen tar ansvar for å utvikle BIM-modellen i dette prosjektet, se Figur 44.



Figur 44: Resultat spørreundersøkelse: Ansvar for utvikling av BIM-modellen

Antakelse om at kollisjonskontrollen kan erstatte kvalitetssikring

En ulempe som er erfart med bruken av BIM er at aktører antar at det ikke er behov for kvalitetssikring hvis en kollisjonskontroll er gjennomført. Dette er en antakelse om at en kollisjonskontroll gir alle mulige avvik. Intervjuobjekter ytrer at dette tyder på en mangelfull forståelse. I en kollisjonskontroll fremkommer det en stor mengde avvik som manuelt må siles. Det er farlig at aktører tenker at bruk av BIM kan erstatte egen kvalitetskontroll, og dette fører til en ansvarsforsyvelse over på AF da det er de som gjennomfører BIM-kontrollen. For å unngå misforståelser har det blitt spesifisert at kollisjonskontrollen ikke skal erstatte kvalitetskontrollen de prosjekterende utfører men komme i tillegg.

” Det vi har erfart her er at folk tenker at når det er gjennomført en kollisjonskontroll så tror dem at BIM’n er en tryllestav som gir alle avvik ” (Prosjekteringsleder)

Avklare detaljeringsgraden

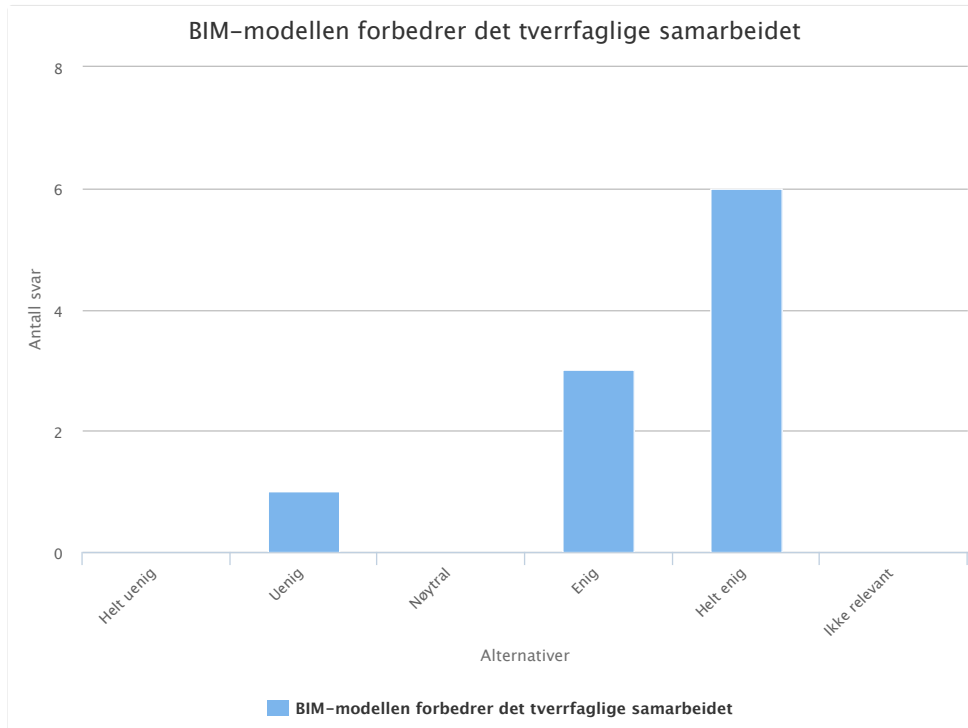
En utfordring med å fange opp alle punktene i modellen er å bestemme detaljeringsgraden. BIM-koordinator opplyser om at de i tidligere prosjekt har oppdaget feil på byggeplass som kunne vært unngått om fagene hadde hatt en høyere detaljeringsgrad i modellen. Intervjuobjektene forteller at prosjektering på ulike detaljnivåer stiller ulike krav til modellen. Først vurderes de overordnede systemene og senere prosjekteres det mer i detalj. En utfordring med bruk av BIM her er at man i BIM-kontrollen kan blande de ulike nivåene. Intervjuobjektene innrømmer at de fordelaktig kan være tydeligere på hva som er overordnet og hva som er detalj. Det økonomiske aspektet må vurderes opp mot den nytteverdien detaljeringen gir da mer detaljerte filer innebærer høyere kostnader for de prosjekterende. RIV understreker at det i tillegg er viktig å passe på at detaljeringsgraden ikke blir unødvendig stor for det kan gjøre modellen mer komplisert enn hva som er fordelaktig.

”Det er en utfordring å finne detaljeringsgraden til modellen da modellen er mer nyttig jo mer detaljert den er, men samtidig innebærer det mer kostnader” (Prosjekteringsleder)

Samkjøre om å løse konflikter

Prosjekteringsprosessen kan være hektisk og det kan oppstå konflikter mellom ulike fag. De ulike fagene har egne modeller, og en utfordring her er å få alle fagene til å samkjøre og samarbeide om å løse de konfliktene som oppstår. Det har hendt at det har oppstått en konflikt mellom to fag, hvor begge fagene har utbedret sin egen modell uten å samkjøre seg og dermed skapt en ny konflikt. Resultatet fra spørreundersøkelsen indikerer at de fleste deltakerne mener at BIM-modellen hjelper med å få et bedre tverrfaglig samarbeid, se Figur 45. Da det vises fra resultatene at ikke alle er enige om at BIM-modellen hjelper med å få et bedre tverrfaglig samarbeid, belyses utfordringen om å få alle til å samkjøre og samarbeide med modellen for å løse konflikter som oppstår. En fordel i dette prosjektet er at rådgivende ingeniør innen rør og ventilasjon sitter sammen på kontoret til Rambøll i Trondheim. I tillegg har Rambøll i Oslo de byggetekniske arbeidene og det gjør det også enklere for RIV og samarbeide med RIB internt.

”Hvis ikke fagene sitter sammen og løser kollisjonspunktene i felleskap, men heller løser problemene i hver sin modell kan nye konflikter oppstå ”. (Prosjekteringsleder)



Figur 45: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen forbedrer det tverrfaglige samarbeidet

Tap av informasjon

Det at de ulike fagene har egne programvarer kan også skape andre utfordringer som at informasjon kan gå tapt når modellen transformeres og filer blir konvertert. Dette er for det meste gjennomført uten problemer på dette prosjektet, og det er brukt et felles fil-system som alle har oversikt over. Intervjuobjektene opplyser om at det kan være utfordringer med informasjonsflyten når det oppstår et problem hvor mange fag blir berørte, men hvor alle ikke får all den informasjonen de behøver.

Prioritering av kritiske områder

Deltakerne ser på BIM som et veldig nyttig verktøy, men arbeidet med kollisjonsrapporten i BIM-møtene har forbedringspotensial spesielt når det gjelder prioritering av kritiske områder. RIV trekker frem at det kunne vært nyttig å dele kollisjonsrapporten inn i en kritisk rapport og en ukritisk rapport. Det kan være fordelaktig å ha fokus på de kritiske områdene først og vente med andre punkter til senere. RIV presiserer at AF har begynt å bevege seg mot en prioritering av kritiske områder i dette prosjektet. En utfordring med en slik prioritering er å skille hvilke punkter som er kritiske. Det er ikke alltid like lett for den som utarbeider kollisjonsrapporten å ha kontroll på hva som er de mest kritiske punktene til alle fagene. RIV erkjenner at det er deres ansvar å presisere tidlig hvilke punkter som er kritiske og hvilke som er uvesentlige, og at de ikke alltid er like flinke til dette. Kommunikasjon i startfasen av arbeidet med BIM-modellen kan derfor fordelaktig være bedre.

8.4 Mulighetene for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC

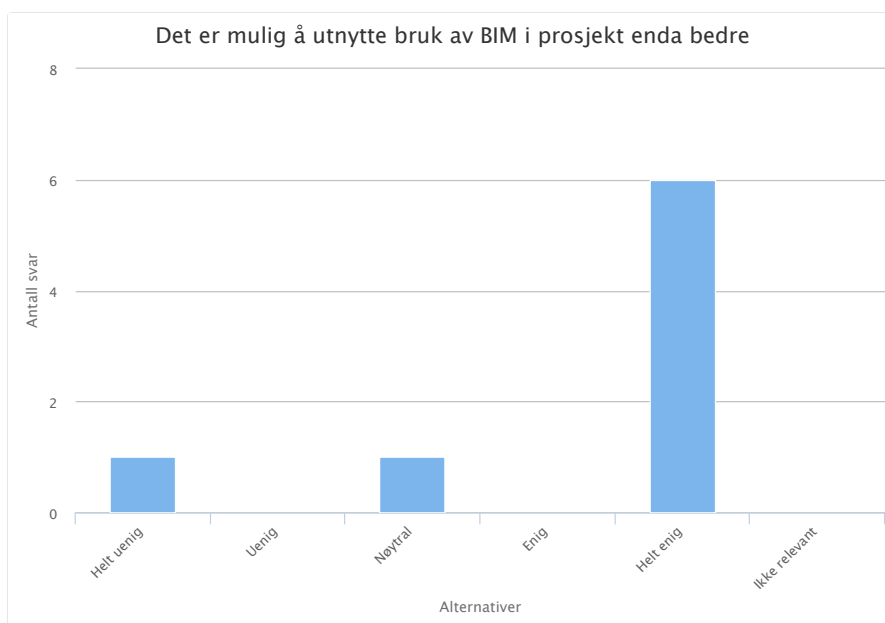
I dette avsnittet presenteres resultatene fra del 2 av intervjuet samt resultat fra spørreundersøkelsen. I del 2 ble det presentert en modell for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC som er utarbeidet som en del av casestudiet i masteroppgaven, se vedlegg D. I tillegg fikk objektene et informasjonsskriv med en kort og enkel beskrivelse av hvordan en slik prosess gjennomføres (vedlegg E). Videre i del 2 av intervjuet ble relaterte oppfølgingsspørsmål til en slik modell stilt.

Intervjuobjektene er proaktive til at AF tester ut nye ting hvis det kan hjelpe dem og forbedre seg. Det er produksjonene som skjer på byggeplassen de tjener penger på, følgelig er målet å forbedre denne prosessen slik at de øker fortjenesten. Hvis prosessen ikke er lønnsom, hjelper det ikke hvor god planene og verktøyene er. Intervjuobjektene trekker frem at det må være en grunn for at de skal implementere nye verktøy. En implementering må enten føre til en enklere gjennomføring, redusert kostnad eller tidsbruk, eller resultere i et bedre produkt. Målbare faktorer bør peke i riktig retning for at AF Gruppen skal være åpne for å ta ny teknologi i bruk. Intervjuobjektene erkjenner at hvis de hadde tatt et litt større skritt inn i teknologiverden så hadde nok gevinsten vært proporsjonalt større.

”Det må være en grunn til at vi skal implementere slike verktøy, enten at det er enklere å gjennomføre prosessen, at det koster mindre, at det tar kortere tid, eller at vi får et bedre produkt” (BIM-koordinator)

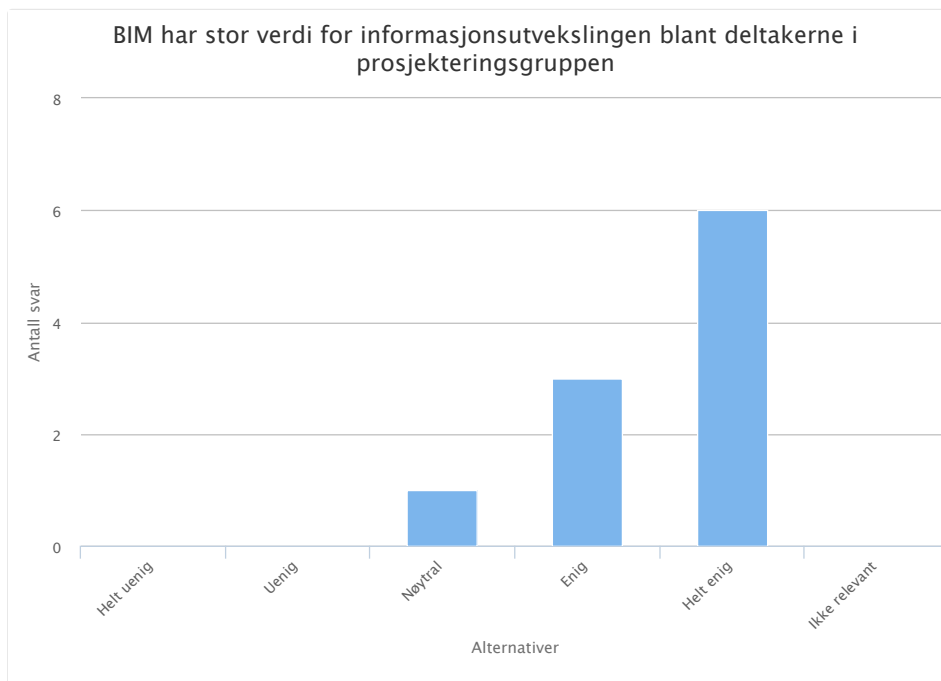
8.4.1 Mulighetene ved bruken av BIM

Vedrørende bruken av BIM i prosjekteringsprosessen, kan det trekkes frem at den legger til rette for Lean og VDC. I dag benytter AF BIM-modellen til mengdeberegninger og kalkulasjon, tverrfaglige kontroller og som et visualiseringsverktøy. Det ligger følgelig et stort utviklingspotensial i BIM som kan utnyttes ved implementering av Lean og VDC. Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at de fleste mener det er mulig å utnytte bruken av BIM i prosjekt bedre, se Figur 46. Noen ansatte i AF har deltatt på seminarer om bruk av BIM, hvor de har blitt presentert for noen av mulighetene BIM kan skape fra prosjektering til gjennomføring. BIM-koordinatoren mener BIM-modellen åpner for mange muligheter og er opptatt av at de klarer å gripe noen av disse mulighetene.



Figur 46: Resultat spørreundersøkelse: Bedre utnyttelse av BIM i prosjekt

Intervjuobjektene påpeker at BIM hjelper dem å utnytte informasjonen bedre og at modellen hjelper med å forbedre informasjonsutvekslingen mellom deltakerne. Dette samsvarer med resultatet fra spørreundersøkelsen som viser at hovedtyngden av deltakerne mener at BIM-modellen har stor verdi for informasjonsutvekslingen blant deltakerne i prosjekteringsgruppen, se Figur 47. Et av intervjuobjektene trekker frem at informasjonsutvekslingen blant deltakerne kan bli enda bedre. I dag er kommunikasjonen ganske bra mellom AF og de rådgivende ingeniørene, men kommunikasjonen kan fordelaktig være enda bedre mellom AF og alle entreprenørene. Deltakerne tror en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC kan forbedre både kommunikasjonen og informasjonsutvekslingen.



Figur 47: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellens verdi for informasjonsutvekslingen blant deltakerne i prosjekteringsgruppen

8.4.2 Prosjekteringsprosessen i Lean og VDC

Samlokalisert prosjektering

Samlokalisert prosjektering i form av fellesmøter (ICE-møter) er et av hovedpunktene i en prosjekteringsprosess med Lean og VDC. Intervjuobjektene generelle oppfatning er at det kan være fordelaktig å sitte sammen og prosjektere. De tror det kan være nyttig å ha faste fellesmøter hvor de møtes og jobber med BIM-modellen sammen. Prosjekteringslederne trekker frem at det må være et stort prosjekt for at det skal være mulig å gjennomføre samlokalisert prosjektering. Fellesmøter med samlokalisert prosjektering kan gjennomføres i form av arbeidsmøter i tillegg til BIM-møtene og prosjekteringsmøtene som blir holdt i dag. Deltakerne tror det kunne vært en fordel med slike arbeidsmøter, og at de kunne løst veldig mye ved å sitte sammen. Det at problemer kan løses raskt tror deltakerne ville resultert i at prosessen blir mer effektiv.

En utfordring som blir nevnt angående samlokaliserte møter er at alle deltakerne nødvendigvis ikke stiller seg positive til det. Prosjekteringsdeltakere fra AF har erfaring med at noen deltakere fra ulike rådgivende firma syntes det er ineffektivt og unødvendig å forlate sitt eget kontor. I tillegg finner de rådgivende støtte i og sitte med kollegaer de kan forhøre seg med når ulike problemer oppstår, noe som begrenser hvor ofte prosjekteringsgruppen kan samles i slike møter. RIV i dette prosjektet mener det er mange fordeler med samlokaliserte møter. De ser spesielt positivt på samlokaliserte møter om entreprenørene deltar. Entreprenørene kan bistå dem da de har praktisk erfaring og kan hjelpe med løsninger som er optimale både monasje- og bindingsmessig.

Hvor ofte samlokaliserte møter skal holdes bør variere fra størrelsen og kompleksiteten til prosjektet. Det er viktig at alle deltakerne har forståelse for fordelene en slik prosess gir for prosjekteringsprosessen og totalt for prosjektet. I dette prosjektet har de opplevd at noen deltakere ikke er positivt innstilt til BIM og fellesmøter. Møter er en stor del av prosjekteringsprosessen og deltakerne forteller at de har prøvd å forklare gevinsten med å samles i møter. En e-post loop som kan ta mange uker, kan erstattes med at man sitter sammen i et møte og tar beslutninger felles der og da. En av informantene foreslår en gjennomføringsmetode med hjelp av kommunikasjonsmidler om det er motstand fra noen av deltakerne i prosjekteringsgruppen. Kommunikasjonsmidler gjør det mulig å ha flere felles møter, da det er tidkrevende å dra fra kontoret.

*”Det å ha et digitalt møte tror jeg da kan være en stor fordel for prosjekteringsgruppen”
(Prosjekteringsleder)*

Planleggingsprosessen

I LPDS benyttes Last Planner System (LPS) for å utarbeide planene. Planleggingsprosessen i (LPS) struktureres gjennom ”Pull-Planning” hvor prosjekteringsgruppen setter en ferdigstillelsesdato og planlegger bakfra basert på den faktiske tilgjengeligheten av ressurser. I planleggingsprosessen i AF utarbeider prosjekteringslederne fremdriftsplanene. Deretter kontrollerer de om planene er reelle ved å forsikre seg om at de utførende kan gjennomføre aktivitetene som er satt opp i planen. Videre endrer de på planene basert på tilbakemeldinger, og resultatet er en omforent plan. Denne prosessen i AF Gruppen har likhetstrekk med måten å utarbeide en plan på med ”Pull-Planning” i LPS. Intervjuobjektene generelle oppfatning er at en prosess med LPS hvor prosjekteringsgruppen utarbeider planen sammen i tidligfase kunne forbedret prosjektgjennomføringen. I dette prosjektet har de opplevd forsinkelser i forhold til fremdriftsplanen og engasjementet til deltakerne har vært varierende. RIV trekker

frem at det har vært utfordrende for prosjekteringsleder å utarbeide fremdriftsplanen og tenker det kunne vært nyttig om prosjekteringsgruppen utarbeidet fremdriftsplanen sammen i tidligfase. RIV tror det ville vært nyttig hvis hele prosjekteringsgruppen satt sammen tidlig i prosjekteringsprosessen for da kunne de samarbeidet om å finne ut hvilke leveranser som er avhengige av hverandre. Intervjuobjektene understreker at det er nødvendig at LPS må gjøre planleggingsprosessen mer effektiv for at den skal implementeres.

”Vi bruker kanskje litt Lean-tankegang i planleggingsprosessen selv om det ikke er satt i system” (Prosjekteringsleder)

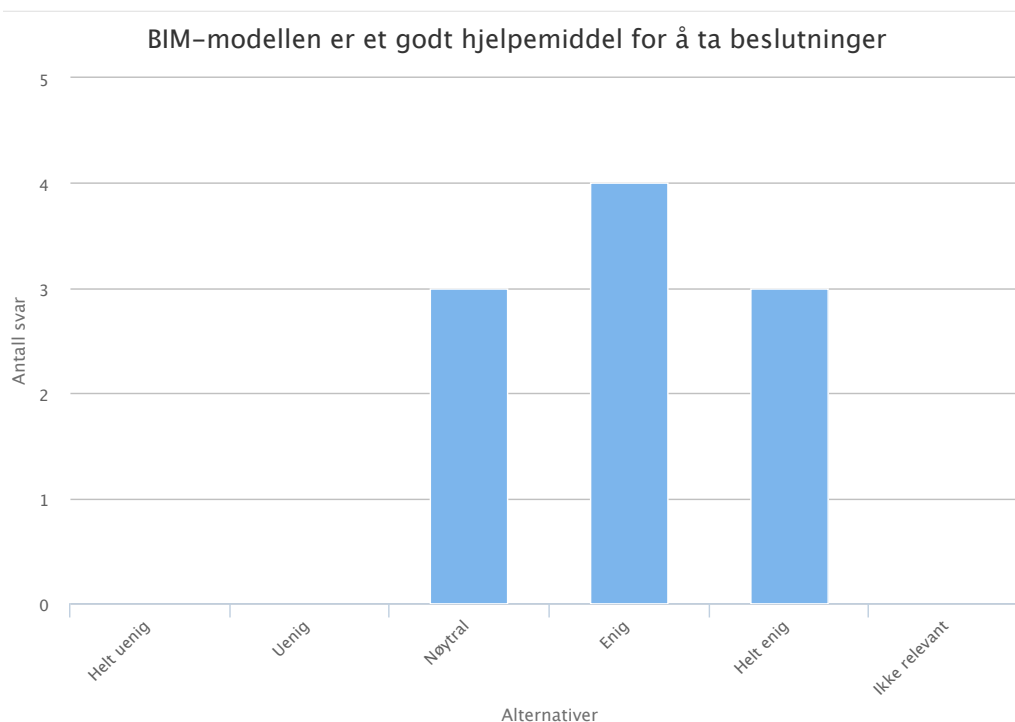
Måling og oppfølging

Prosent Planlagt Utført (PPU) er en måling som kan gjennomføres basert på planene i LPS. Disse målingene kan henges opp i iRoom slik at de er synlige for alle deltakerne. Intervjuobjektene erkjenner at det kunne vært fordelaktig å gjennomføre denne typen måling for å få bedre oversikt og kontroll over fremdriften i prosjekteringsprosessen. RIV trekker frem at dette kunne vært nyttig å ha slike felles målinger, spesielt for de leveransene som er avhengige av hverandre for å få oversikt over hvordan de ligger an i forhold til planen.

Basert på målingene av PPU kan en årsak-virkningsanalyse gjennomføres for å finne årsaken til at aktiviteten ikke ble utført som planlagt. Formålet med denne oppfølgingen er å oppnå kontinuerlig forbedring. I dag blir de prosjektene som går dårlig ofte viet mer tid til for at å vurdere hva som gikk galt. Når prosjektene går bra er det ikke alltid de tar med seg erfaringene videre, da det krever ressurser for å gjennomføre en slik erfaringsoverføring. Deltakere i prosjekteringsgruppen ser viktigheten av å ta vare på alle typer erfaringer for å kunne å oppnå forbedring.

Beslutningsverktøy i prosjekteringsprosessen

Fra Lean Construction stammer verktøy som A3-rapporten. Denne rapporten kan benyttes som et beslutningsverktøy for prosjekteringsgruppen. Noen av intervjuobjektene syntes dette virket som et godt verktøy for å finne den mest gunstige løsningen på en effektiv måte. A3-rapporten sparer prosjekteringsgruppen mye tid da de kan presentere alternativene på et A3-ark i stedet for å lage en omfattende rapport. BIM kan også benyttes som et verktøy for beslutningstaking. Intervjuobjektene trekker frem at BIM-modellen skaper en bedre diskusjon og følgelig kan beslutninger tas enklere og mer effektivt i felleskap. Besvarelsen fra spørreundersøkelsen er litt mindre entydig, da svarene viser at noen stiller seg nøytral til påstanden om at BIM-modellen er et godt hjelpemiddel for å ta beslutninger mens resten er enige eller helt enige i denne påstanden, resultatet er illustrert i Figur 48.



Figur 48: Resultat spørreundersøkelse: BIM-modellen er et godt hjelpemiddel for å ta beslutninger

Krav til en implementering

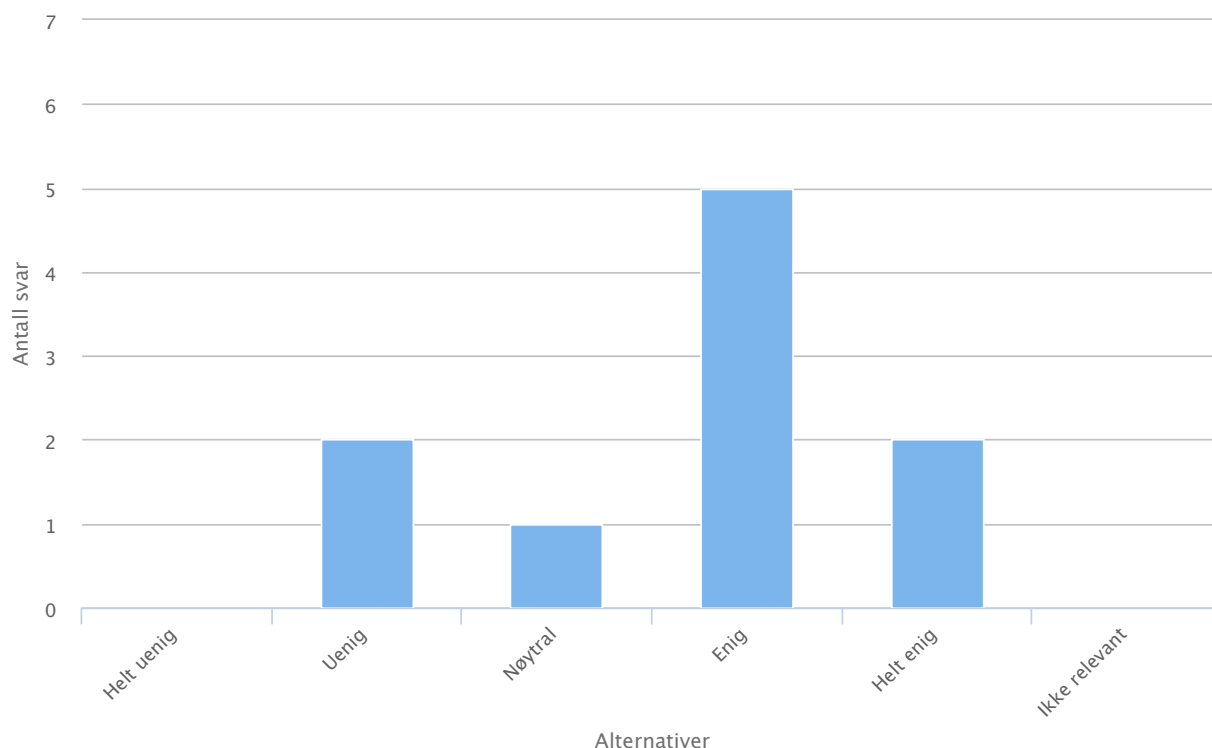
En implementering av Lean og VDC i prosjekteringsprosessen stiller krav til prosjekteringsgruppen. Om en endring i prosessen skal være vellykket må prosjekteringsgruppen være åpen for forandring og nyskaping. Intervjuobjektene presiserer viktigheten av en god introduksjon hvis en slik prosess skal implementeres. Informasjonen om prosessen må ikke være for lang og komplisert. Introduksjonen må skape engasjement og føre til at deltakerne blir overbevist om at denne prosessen er fordelaktig. Deltakerne i prosjekteringsgruppen tror det er gode muligheter for å implementere en slik modell, men de påpeker at den må implementeres fra starten av et prosjekt. En implementering i et allerede oppstartet prosjekt er for sent, men hvis det gjøres fra starten av har deltakerne tro på at prosjekteringsgruppen kan stille seg positive til det.

”Hvordan prosjekteringsgruppen hadde stilt seg til å endre prosessen med å implementere Lean og VDC tror jeg kommer helt an på hvordan man presenterer det” (Prosjekteringsleder)

Fordeler med en implementering

En prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC kan ha mange fordeler om det implementeres riktig, og deltakerne tror det er mulig å benytte slike metodikker. Intervjuobjektene stiller seg positive til en slik prosess med tidlig involvering av aktører, fokus på oppfølging, kontroll og forbedring. En slik prosess kan også forbedre arbeidet med fremdriftsplanen og hjelpe AF med og nå målet om at prosjekteringen skal være ferdig når råbygget er ferdig. RIV trekker frem at en tidlig involvering av aktørene kunne vært fordelaktig i dette prosjektet for å få optimale tekniske løsninger. Prosjektet er arkitektonisk utfordrende og et tidlig samarbeid kunne effektivisert prosjekteringsprosessen med tanke på ressursbruken av tid og kostnader. Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at hovedtyngden av deltakere i prosjekteringsprosessen ser mulighetene ved å utvikle modellen i felles prosjekteringsmøter men det er også er deltakere som ikke ser disse mulighetene, se Figur 49.

Prosjekteringsfasen kunne blitt mer effektiv hvis vi hadde samarbeidet og utviklet BIM-modellen i felles prosjekteringsmøter



Figur 49: Resultat spørreundersøkelse: Effektiv prosjekteringsprosess med felles prosjekteringsmøter

*”Det høres veldig hensiktsmessig ut å kjøre prosjekteringsprosessen med Lean og VDC, med god oppfølging, frister og fremdrift. Jeg ser fordelene med en tidlig involvering av aktører”
(Prosjekteringsleder)*

Når det gjelder muligheten for å implementere en slik modell trekker et intervjuobjekt frem at det ikke er noe problem med tanke på kompetansen for å utvikle seg. Med engang det kommer et krav blant annet fra byggherre klarer AF Gruppen å tilpasse seg de nye kravene på kort tid. Det avhenger derfor ikke av kompetansen, men heller av at det er en tendens til at prosessen blir gjennomført på tradisjonelt vis hvis man ikke er nødt til å endre prosessen. Et av intervjuobjektene har en oppfattelse av at det ikke er så mange firma i bransjen som gjør endringer før de ser konkurrenten får konkurransefortrinn eller ved at de får spesifiserte krav. Byggebransjen anses til å være en konservativ bransje, og de tror ikke AG Gruppen skiller seg ut fra andre firma. Deltakeren presiserer at hvis man skal ligge i front å pushe teknologien i denne bransjen er det nødvendig å gjøre strategiske valg.

”Jeg ser at vi er en konservativ bransje, og AF Gruppen er nødvendigvis ikke helt annerledes på det” (BIM-koordinator)

9 ANALYSE OG DRØFTING

I dette kapittelet analyseres og drøftes resultatene og forskningsspørsmålene opp mot teorien presentert i avhandlingen.

9.1 Prosjekteringsprosessen i AF Gruppen

I dette delkapittelet analyseres og drøftes resultater fra de caserelaterte intervjuene og spørreundersøkelsen opp mot relevant teori i forhold til det første forskningsspørsmålet: "Hvilke krav stilles til en prosjekteringsgruppe?"

I Sørenga byggetrinn 7 og 8 er det initiert to prosjekteringsledere som deler oppgavene i prosjekteringsprosessen mellom seg. Prosjekteringen tilpasses etter aktivitetene på byggeplassen. I dette prosjektet ble prosjekteringsprosessen gjennomført som en tradisjonell planleggingsprosess. Fremdriftsplanen for prosjekteringen ble utarbeidet av prosjekteringslederne i Microsoft Project med bakgrunn i hovedfremdriftsplanen for prosjektet. Byggets utforming er arkitektonisk utfordrende og dette påvirker gjennomføringen av prosjekteringsprosessen.

AF Gruppen har som totalentreprenør i dette prosjektet ansvar for koordineringen og flyten i denne prosessen. Prosessen omhandler koordinering av fremdriftsplanen mot hovedfremdriftsplanen, koordinering av avhengighetene mellom fagene i tegningsleveranseplanene, samt koordinering av beslutningsplaner og innkjøpsplaner mot fremdriftsplanen. Intervjuobjektene informerer om at koordineringsprosessen var krevende i dette prosjektet, noe som har bidratt til forsinkelser i den opprinnelige fremdriftsplanen. En av deltakerne trekker frem at det ligger forbedringspotensial i utarbeidelse av fremdriftsplanen og i gjennomføringen av prosjektet.

9.1.1 Prosjekteringsprosessen i BIM-prosjekt i AF

Prosjektet benyttet i casestudiet kan betegnes som et typisk BIM-prosjekt i AF Gruppen Bygg Oslo. I litteraturen er det gitt uttrykk for at et BIM-prosjekt kan oppfattes på ulike måter da BIM blir oppfattet som et program, som en prosess for å prosjektere, og som en ny tilnærming til byggebransjen (Aranda-Mena et al., 2008). Kommunikasjon er et viktig fokusområde og i BIM-prosjekter kan kommunikasjon ha et felles referansepunkt i BIM-modellen (Veidekke (2011), Chen et al., (2004), og Hattab & Hamez (2013). Oppfatningen til intervjuobjektene er i samsvar med teorien, da de mener BIM-modellen er et essensielt verktøy for å forbedre kommunikasjonen i prosjekteringsprosessen. Resultatene fra spørreundersøkelse indikerer at BIM-modellen hjelper med å forbedre kommunikasjonen i prosjekteringsgruppen.

Bruken av BIM påvirker prosjekteringsprosessen (Sacks et al., 2010). Resultatene fra intervjuene samsvarer med dette da den generelle oppfatningen til deltakerne er at BIM har stor betydning for prosjekteringsgruppen. BIM forenkler koordineringsprosessen og gjør det mulig for prosjekteringsgruppen å planlegge bedre. De ulike fagene kan hente ut nødvendig informasjon til ønsket tid hvis de har en felles modell, noe som kan gjøre prosessen enklere og mer effektiv for prosjekteringsgruppen (Sacks et al., 2010). Resultatene fra spørreundersøkelsen samsvarer med dette da de indikerer at BIM har stor verdi for informasjonsutviklingen blant deltakerne i prosjekteringsgruppen.

I følge litteraturen er en av hovedoppgavene til prosjekteringsledelsen i BIM-prosjekt å definere hvor omfattende modellen skal være, og hvilken informasjon som skal inn til hvilken tid. Ved implementering av BIM bør prosjekteringsledelsen besvare følgende spørsmål (Kymmell, 2008):

- Hvilken detaljeringsgrad skal modellen ha?
- Hvem har ansvar for hva?
- Hvilken informasjon skal modellen inneholde?
- Når skal informasjon tilføres modellen?
- Hvilke leveranser skal produseres ut fra BIM-modellen?

I prosjektene i AF holder BIM-koordinator oppstartsmøte for å definere hvor omfattende BIM-modellen skal være. Det gjennomføres samtaler med hver enkelt rådgiver for å presisere hva som forventes av dem i forhold til arbeidet med BIM-modellen. Møtet legger til rette for en optimal bruk av BIM og skaper like forutsetninger og forståelse for hvordan arbeidet med BIM-modellen skal gjennomføres i prosjektet. Detaljeringsgraden til BIM-modellen må også avklares på møtet. Deltakerne innrømmer at de fordelaktig kan være tydeligere på detaljeringsnivåene i modellen. Det er nødvendig å vurdere det økonomiske aspektet opp mot nytteverdien av de ulike nivåene av detalj da detaljerte filer innebærer økte kostnader.

Bruk av BIM i prosjekt har mange fordeler for prosjekteringsgruppen, det skaper et bedre samarbeid, en nøyaktig fremstilling av bygget, bedre kontroll på bygningsdata, effektiv utforming av prosjekteringsgrunnlaget og en effektiv prosjekteringsprosess (Eastman et al., 2011 og Azhar et al., 2008). Resultatene fra spørreundersøkelsen samsvarer med dette og underbygger noen av disse fordelene. Resultatene indikerer at BIM-modellen har en god visuell effekt, forbedrer det tverrfaglige samarbeidet og hjelper med prosjekteringsunderlaget.

Det stilles krav til prosjekteringsgruppen ved bruk av BIM da det fører til en utvikling av integrerte arbeidsmåter og skaper nye roller (Westgaard, 2010). Prosjekteringslederne erkjenner at det stilles krav til dem om tilstrekkelig kompetanse i bruken av BIM. Det stilles blant annet krav til prosjekteringsgruppen om forståelse for hvordan detaljeringsgrad modellen skal ha. Prosjekteringsleder er ansvarlig for at det er en BIM-leder på prosjektet, noe som kan være en del av PRL-funksjonen (Westgaard, 2010). På dette prosjektet har prosjekteringsleder funksjonen som BIM-leder, og har funksjonen til BIM-koordinator når han ikke er tilstede. BIM-koordinator har som oppgave å samkjøre modell-filene fra de ulike fagene til en felles modell. I følge litteraturen er det viktig å ha åpen BIM for å utnytte modellen mest mulig effektivt (Westgard, 2010). I henhold til litteraturen benytter de IFC-modeller (omforent lagringsformat) på dette prosjektet når de sammenstiller modellen før BIM-møtet. Dette påvirker prosjekteringsledelsen da det er tidkrevende å utføre kollisjonsrapporter og holde BIM-møter. Arbeidet med kollisjonsrapporten i BIM-møtene kan fordelaktig forbedres, og RIV foreslår en forbedring som muligens kan gjøre gjennomføringen av BIM-møtet mer effektiv. Denne forbedringen gjelder inndeling av kollisjonsrapporten i en kritisk rapport og en ukritisk rapport. RIV presiserer at AF har begynt å prioritere de kritiske områdene av prosjektet, men opplyser om at det kan være en utfordring å prioritere hva som er kritiske punkt. Det kunne følgelig vært fordelaktig om kommunikasjonen i startfasen av arbeidet med BIM-modellen var bedre. Alle fagene burde presentert hvilke punkter som er kritiske og hvilke som er ukritiske for deres arbeid. Selv om arbeidet med BIM-modellen er ressurskrevende mener prosjekteringslederne at bruk av BIM er lønnsomt siden det skaper en bedre prosess og siden modellen gir en merverdi for prosjektet.

9.1.2 Bruk av BIM i prosjekteringsprosessen

Bygningsinformasjonsmodellen genererer og forvalter bygningsdata og er en plattform for informasjonsdeling (Sacks et al., 2010). BIM-modellen fremstiller bygningen i 3D og kan brukes til å koordinere de ulike fagene, men dette er avhengig av ferdighetene deltakerne på prosjektet besitter. På dette prosjektet benyttes BIM-modellen som et visualiseringsverktøy,

og til å gjennomføre tverrfaglige kontroller og mengdeberegninger i prosjekteringsprosessen. Den generelle oppfatningen blant alle intervjuobjektene er at BIM er et viktig verktøy for prosjekteringsprosessen, men de ser et forbedringspotensial når det gjelder utnyttelse av BIM-modellen. I dette prosjektet arrangeres et felles BIM-møte hver 14.dag hvor prosjekteringsgruppen gjennomgår kollisjonsrapporter og planlegger eventuelle endringer. Prosjekteringslederne understreker viktigheten av at kollisjoner løses fortløpende og tidligst mulig.

Fordeler

Intervjuobjektene fra AF anser bruken av et visualiseringsverktøy som en stor fordel. De trekker frem at forståelsen for bygningen blir bedre og alle får et felles syn på hvordan bygningen skal utformes. Bruken av BIM har i hovedsak vært for visualisering, og en av fordelene BIM har er at den kan øke gjennomsiktigheten (Sacks et al., 2010). Andre fordeler med å konstruere bygningen visuelt er at det fører til en mer nøyaktig mengdeberegning og en bedre kvalitet på bygningen (Krygiel et al., 2008).

Intervjuobjektene trekker frem at 3D-modellen fører til en mer effektiv diskusjon og at problematikken fremkommer mye tydeligere enn ved bruk av 2D-tegninger. Spørreundersøkelsen viser helt tydelig at hovedtyngden av deltakerne syntes det er enklere å jobbe med en 3D-modell sammenlignet med 2D-tegninger. Resultatene fra spørreundersøkelsen indikerer også at BIM-modellen har en god visuell effekt, og forbedrer kommunikasjonen og diskusjonen. Dette samsvarer med teorien fremskaffet, hvor Forbes og Ahmed (2011) presiserer at BIM bidrar til å skape bedre kommunikasjon og samarbeid.

Litteraturen spesifiserer at det er viktig med god kommunikasjon mellom de aktuelle aktørene i byggeprosessen for å utnytte BIM mest mulig effektivt (Westgaard, 2010). BIM hjelper med informasjonsdelingen i prosjekteringsprosessen og ved hjelp av modellen kan informasjon kobles opp mot de ulike elementene. Dette legger til rette for et godt samarbeid og god koordinering, noe som er en av de viktige fordelene med implementering av BIM. Funnene fra spørreundersøkelsen viser at BIM-modellen hjelper med å løse tekniske utfordringer, noe som kan være et resultat av et godt samarbeid.

Bruken av BIM kan hjelpe med å redusere sløsing og minimere inventaret, noe som kan føre til en mer effektiv og lønnsom prosess. Oppfattelsen intervjuobjektene har er at BIM lønner seg i det lange løp selv om det påfører prosjekteringsprosessen ekstra kostnader. I følge Sacks et al. (2010) vil en riktig implementering av BIM føre til en mer integrert prosjekteringsprosess, noe som resulterer i økt kvalitet for en lavere kostnad og redusert tidsbruk. Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at det er delte meninger om BIM-modellen hjelper med å redusere tidsbruken i prosjekteringsprosessen. Det må tas i betraktning at denne påstanden kan ha blitt misforstått. Deltakere kan ha tenkt at arbeidet med BIM-modellen krever mye tid, og dermed ikke tenkt at den hjelper å spare den totale tidsbruken i prosjektet. Denne feilkilden kunne fordelaktig vært unngått ved å endre påstanden slik at den var mer entydig formulert. Påstanden kunne muligens vært bedre hvis den var følgende; bruk av BIM-modellen kan hjelpe med å redusere den totale tidsbruken.

Utfordringer

Oppfattelsen av hva som er utfordringer med bruk av BIM samsvarer blant intervjuobjektene. En utfordring som blir nevnt er kravene som stilles til kunnskap og kompetanse om programmet, hvor fraværende kompetanse kan føre til en komplisert prosess. En annen

utfordring i dette prosjektet er at arkitekten mener at BIM kommer som en tilleggsbelastning, noe som viser at ikke alle aktørene i prosjekteringsprosessen ser verdien av bruken av BIM.

Det er erfart på dette prosjektet at bruken av BIM til kollisjonskontroller kan skape misforståelser, hvor noen tror at det da ikke er behov for kvalitetssikring. En annen utfordring med kollisjonskontrollen er å fange opp de viktige punktene i modellen. For å fange opp de viktige punktene i modellen er det nødvendig å avklare den riktige detaljeringsgraden. Intervjuobjektene opplyser om at det er en krevende og utfordrende oppgave å bestemme detaljeringsgraden til BIM-modellen.

Det er flere utfordringer når fagene ikke bruker en åpen BIM-modell. Når det oppstår en konflikt løser fagene konflikten i hver sin modell uten og samarbeide, og da kan nye konflikter oppstå. Det at fagene har egne programvarer kan også skape andre utfordringer som at informasjon går tapt når modellen transformeres. På dette prosjektet er transformering av filer gjennomført uten problem da de har benyttet et felles filsystem som alle har oversikt over.

Bruk av BIM til fremdriftsplanlegging

BIM-modellen kan benyttes som et verktøy til fremdriftsplanleggingen i prosjekteringsprosessen. Når fremdriftsplanen blir lagt til 3D-modellen får modellen en ny dimensjon, dette betegnes som en 4D-analyse (Eastman et al., 2010). Ved å benytte 4D-BIM blir fremdriftsplanene mer pålitelige og planer kan enklere sammenlignes og kontrolleres. Andre fordeler Eastman et al. (2010) trekker frem er forbedret kommunikasjon, mulighet for innspill fra flere aktører, bedre logistikk på byggeplass og bedre koordinering av fagene. Intervjuobjektene er positive til bruk av BIM-verktøy i fremdriftsplanleggingen. BIM-ansvarlige i AF har begynt å teste ut Syncro som er en programvare for 4D, hvor de ser på muligheter for å optimalisere planleggingsprosessen. Intervjuobjektene understreker nødvendigheten for at systemet er enkelt slik at alle kan håndtere det.

I dag utarbeider prosjekteringslederne i AF fremdriftsplanene basert på tilbakemeldinger fra de prosjekterende om det er mulig å utføre leveransen til den gitte datoen. Dette ligner på planleggingsprosessen LPS som benyttes i Lean Construction, hvor avhengighetene til de ulike fagene analyseres ved utforming av fremdriftsplanen. Forskjellen er at det er prosjekteringslederne som utarbeider planen i AF, mens i planleggingsprosessen i Lean samarbeider alle relevante deltakere om utarbeidelsen. Intervjuobjektene er positive til en prosess hvor prosjekteringsgruppen utarbeider planene sammen.

Spørreundersøkelsen indikerer at det er delte meninger om BIM-modellen har stor verdi for utarbeidelse av fremdriftsplanen. Årsaken til dette resultatet kan være mangelfull kunnskap blant deltakerne om at det er mulig å benytte BIM-modellen som et verktøy i fremdriftsplanleggingen. I tillegg har deltakerne svart basert på hvordan situasjonen er i dag, og da AF ikke har implementert 4D-analyser er det forståelig at de ikke ser verdi i bruken av BIM for utarbeidelse av fremdriftsplanen.

9.2 Mulighetene for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC i AF Gruppen

Her analyseres og drøftes resultatene fra de caserelaterte intervjuene og spørreundersøkelsen mot fremskaffet teori i forhold til forskningsspørsmål to, tre og fire. "Hvordan gjennomføres prosjekteringsprosessen i Lean Construction?", "Hvilke fordeler har integrert prosjektering?", "Hva er fordelene med å implementere Lean i prosjekt som benytter en BIM-modell?"

9.2.1 Muligheter ved bruken av BIM

Ved å undersøke bruken av BIM i Sørenga byggetrinn 7 og 8 i AF, samt gjennomføre semi-strukturerte intervju er det dokumentert at de to bruksområdene som er godt implementert i AF i dag er mengdeberegning og koordinering. Bruksområder de vurderer og prøver ut er bruk av BIM til fremdriftsplanlegging i form av 4D-analyser og bruk av BIM på byggeplass. I følge prosjekteringslederne er det viktig at disse systemene fungerer bra når de testes ut for at de skal implementeres som en standard i prosjektene. Intervjuobjektene generelle oppfatning er at det ligger mange muligheter for AF i bruken av BIM, og de mener det er et forbedringspotensial i utnyttelsen av BIM-modellen. Resultatene fra spørreundersøkelsen samsvarer med dette da de indikerer at mesteparten av deltakerne i prosjekteringsgruppen mener det er mulig å utnytte bruken av BIM i prosjekt enda bedre.

I følge litteraturen er det mange muligheter ved bruk av BIM. I tillegg til mengdeuttrekk og koordinering, kan BIM brukes til blant annet konsistenskontroll, fremdriftsplanlegging og ressursallokering, kostnadsanalyser og bygningstekniske analyser (Eastman et al., 2010).

9.2.2 Prosjekteringsprosessen i Lean Construction

I prosjekteringsprosessen i Lean Construction blir styringssystemet Lean Project Delivery System (LPDS) benyttet (Womack & Jones, 2003). LPDS legger til rette for tidlig involvering av relevante aktører og fokuserer på integrering av kunnskap i tidligfase (Khanzode et al., 2006). Dette kan hjelpe prosjekteringsgruppen med å redusere sløsing og forbedre designet ved å finne optimale løsninger. I følge Ballard (2000) bygger LPDS på Lean-filosofi i forhold til prinsippene om å lære av erfaringer og ha kontinuerlig forbedring. Prosjekteringsgruppen benytter the Last Planner System (LPS) som er en del av LPDS, og som bygger på prinsippet om at det er det siste leddet i planleggingskjeden som skal utarbeide planene. Planene utarbeides i samlokaliserte møter med prosjektdeltakerne og relevante aktører (Forbes & Ahmed, 2011). Intervjuobjektene generelle oppfatning er at utarbeidelse av planer i samlokaliserte møter kan forbedre prosjekteringsprosessen og effektivisere prosjektgjennomføringen.

Arbeidet i LPS struktureres gjennom "Pull-Planning" (i.e bakoverplanlegging) hvor prosjekteringsgruppen setter en ferdigstillelsesdato og planlegger bakfra basert på den faktiske tilgjengeligheten (Ballard, 2000). Planen blir utarbeidet av de utførende og prosjekteringsgruppen med Post-it lapper som inneholder informasjon om aktivitetene, og dette gjør prosessen transparent og effektiv. Denne prosessen fører til mer pålitelige planer, mer engasjerte deltakere og muliggjør målinger av prosjekteringsprosessen slik at effektiviteten kan øke. Resultatene fra intervjuene indikerer at en slik prosess kan forbedre prosjekteringsprosessen slik den er i dette prosjektet, da de er forsinket i forhold til fremdriftsplanen og engasjementet til deltakerne er varierende.

Intervjuobjektene understreker nødvendigheten av at en ny gjennomføringsmetode som LPS må gjøre prosessen mer effektiv for at den skal implementeres. Et viktig element i LPS er

måling av prestasjonen til planleggingssystemet for å forbedre oppfølgingen og planleggingen (Ballard & Howell, 2004). Med andre ord kan en måling av blant annet prosent planlagt utført (PPU) gi prosjekteringsgruppen en indikator på effektiviteten og kvaliteten av ukeplanleggingen.

Integrert prosjektering

Integrert prosjektering omhandler tidlig involvering av relevante aktører i prosjekteringsprosessen (Samset, 2008). En tidlig involvering av relevante aktører muliggjør for en beslutningstaking i tidligfase som minsker sjansen for endringer og dette kan resultere i at kostnadene reduseres. Prosjekteringsprosessen i Lean Construction og VDC fokuserer på integrert prosjektering, hvor prosjekteringsgruppen jobber samlokalisert (Westgaard et al., 2010 og Tjell, 2010). Den generelle oppfatningen blant alle intervjuobjektene er at det er fordelaktig med en tidlig involvering av alle aktører.

Integrerte prosjekteringsgruppen gjennomfører prosjekteringsmøter hvor hele gruppen jobber sammen med prosjektet (Krygiel & Nies, 2008). BIM er et viktig hjelpemiddel i integrert prosjektering. I Sørenga bt.7 og 8 holder de BIM-møter hvor de samarbeider om å finne løsninger på kollisjoner mellom fag. Det fremkommer av resultatene at flere av deltakerne ser på det som en mulighet å prøve integrert prosjektering. Intervjuobjektene er også positive til en prosjekteringsprosess som baserer seg på å ha samlokaliserte møter og løse problemer sammen. Noen av intervjuobjektene understreker at om en implementering blir vellykket avhenger av hvilken prosjekteringsgruppe det gjelder. De påpeker også at det finnes aktører som har motforestillinger mot å ha fellesmøter ofte, da det er tidkrevende og stoppe opp arbeidet og dra til et annet kontor.

Beslutningsverktøy i prosjekteringsprosessen

BIM-modellen er et verktøy som prosjekteringsgruppen kan bruke i beslutningstakingen og modellen muliggjør for involvering av eieren i denne prosessen (Hattab & Hamzeh, 2013). Resultatet fra et av punktene i spørreundersøkelsen viser at de fleste deltakerne mener at BIM-modellen er et godt hjelpemiddel for å ta beslutninger, og dette samsvarer med resultatene fra intervjuene. Intervjuobjektene trekker frem at BIM-modellen hjelper med å løse problemer, forbedrer diskusjonen og gjør det enklere å komme til en felles beslutning.

En A3-rapport er et annet verktøy som kan benyttes som et beslutningsverktøy i prosjekteringsprosessen (Institute, L.C, 2014). Verktøyet stammer fra Lean Construction og kan benyttes for å forbedre samarbeidet i prosjekteringsprosessen når beslutninger skal tas. Hensikten med denne A3-rapporten er å fremstille all nødvendig informasjon på et enkelt A3-ark slik at prosjekteringsgruppen enkelt og effektivt kan vurdere de ulike løsningene og komme frem til en felles beslutning. Noen av intervjuobjektene syntes dette virket veldig interessant og ser muligheten for tidsbesparelser ved bruk av slike verktøy. A3-rapporten kan henge synlig for alle deltakerne i iRoom, og Post-it lapper kan benyttes for å vise statusen til rapporten.

9.2.3 Implementering av BIM og Lean

Det anses som viktig med et godt samarbeid i prosjekteringsprosessen for å utnytte BIM-modellen optimalt (Deutsch, 2011). I Lean Construction benyttes som nevnt integrerte prosjekteringsgrupper, og dette legger til rette for et godt samarbeid. En integrert prosjekteringsgruppe legger til rette for at kunnskapsoverføring mellom fagene, og engasjementet til deltakerne øker. Resultatene fra spørreundersøkelsen indikerer at deltakerne

tror det er mulig å utnytte BIM i prosjekt enda bedre, og de tror også at prosjekteringsprosessen kan bli mer effektiv hvis de samarbeider om å utvikle modellen i prosjekteringsmøter. Intervjuobjektene mening samsvarer med resultatene fra spørreundersøkelsen. Resultatene indikerer at de anser det som nyttig å ha fellesmøter hvor man jobber med BIM-modellen sammen, og de ser fordelene med å utnytte mulighetene som ligger i bruken av BIM.

I følge litteraturen vil ikke BIM nå sitt potensial uten å implementere Lean Construction (Tjell, 2010). Lean fokuserer på en tidlig involvering av aktører, noe som er nødvendig for at egenskapene til BIM skal bli best utnyttet (Koskela, 1992 og Eastman et al., 2008). En tidlig involvering kan føre til at utformingen av designet blir mer pålitelig, og det kan bidra til at andelen av omarbeid reduseres. I tillegg skaper det et bedre samarbeidsklima i prosjekteringsgruppen og det kan også føre til at de utførende er mer engasjert til å utføre designet siden de har innblikk i hvordan de ulike designløsningene er besluttet (Tjell, 2010). Disse potensielle fordelene kan sammen redusere kostnadene sammenlignet med et prosjekt som har en tradisjonell prosjekteringsprosess, selv om kostnadene i tidligfase er høyere som et resultat av en mer tidkrevende BIM-koordinering.

BIM og Lean er ikke avhengige av hverandre, men for å få optimal utnyttelse er det nødvendig å implementere dem begge (Sacks et al., 2010). Det anbefales at de implementeres samtidig grunnet deres mange felles elementer og synergier, og BIM gjør det mulig å transformere den tradisjonelle prosjekteringsprosessen til en Lean prosess.

9.2.4 Implementering av VDC i prosjekteringsprosessen

I dette avsnittet analyseres og drøftes resultater fra de caserelaterte intervjuene med bakgrunn i teorien i forhold til forskningsspørsmål fem og seks: "Hvordan påvirker VDC bruken av BIM?", "Hvordan kan prosjekteringsprosessen bli mer effektiv med bruk av VDC og Lean?"

I følge Kunz og Fischer (2012) og Khanzode et al. (2006) kan konseptet VDC hjelpe med å få en mer helhetlig implementering av ny teknologi som BIM. VDC vektlegger produkt, organisasjon og prosess og muliggjør for utvikling av disse modellene i en tidligfase av prosjektet før en stor andel av ressurser er brukt, og dette kan føre til at et firma når målene for prosjektet (Kunz & Fischer, 2012). VDC er basert på Lean-filosofi og fokuserer på å øke verdien i prosjekt. De aktuelle aktørene er tidlig involvert og dette forbedrer det tverrfaglige samarbeidet mellom aktørene i prosjekteringsprosessen. Funn viser at deltakerne i prosjekteringsgruppen stiller seg positiv til en prosjektform som VDC og ser muligheter for å implementere VDC i tidligfasen av et prosjekt.

VDC tilrettelegger for LPDS i Lean Construction (Khanzode et al., 2006). Prosjekteringsprosessen i LPDS inkluderer designkonsepter, produktdesign og prosessdesign og det er derfor viktig å vite hvordan en endring i produktdesignet påvirker prosessdesignet og motsatt. POP-rammen i VDC gir en metode for å forstå disse endringene på prosjektet.

Funn gjort av Kunz og Fischer (2012) viser at ved å praktisere prosjektformen VDC forbedrer firma resultatene sine. En implementering av VDC fører til et bedre virtuelt samarbeid, god kommunikasjon mellom deltakerne, og en effektiv prosjektgjennomføring med høy kvalitet. Intervjuobjektene understreker at det er behov for målbare faktorer som viser at en implementering har positiv effekt hvis de skal ta en ny prosjekteringsmodell i bruk.

ICE-møter

Møter hvor relevante aktører sitter samlokalisert i et iRoom og prosjekterer sammen jevnlig over et avgrenset tidsrom betegnes som ICE-møter (Rekola et al., 2010). I følge litteraturen kan samlokaliserte prosjekteringsmøter føre til en effektiv prosjektgjennomføring med høy kvalitet. Alle relevante beslutningstakere er med i møtene og samlokaliseringen fører til at informasjonen man trenger fra de ulike aktørene er lett tilgjengelig. Den generelle oppfatningen blant alle intervjuobjektene er at det kan være fordelaktig å sitte sammen og prosjektere. Samlokalisert prosjektering kan i følge intervjuobjektene spesielt være nyttig på store prosjekter. I dag gjennomfører de BIM-møter og prosjekteringsmøter, og deltakerne understreker at det kunne vært fordelaktig å gjennomføre arbeidsmøter i tillegg til disse. Flere av intervjuobjektene trekker frem at slike samhandlingsmøter vil føre til en mer effektiv beslutningsprosess hvor problemer kan løses raskere. På ICE-møtene kan de utarbeide BIM-modellen og planene sammen, samt gjennomføre småmøter og særmøter hvor de aktuelle fagene møtes ved behov for avklaringer.

Måling og oppfølging

Et viktig element i VDC er måling av prosjekteringsprosessen (Khanzode et al., 2006). Målinger som PPU gjør deltakerne oppmerksomme på hvordan de kan forbedre prosjekteringsprosessen slik at effektiviteten øker. Målingene er et godt verktøy for å kontrollere status til prosjektet og kan benyttes til å motivere prosjekteringsgruppen. PPU kan måles i samhandlingsmøtene i iRoom, og her kan de også vurdere forbedringer sammen (Kunz & Fischer, 2012). I det aktuelle prosjektet gjennomfører de ikke noe spesifikke målinger, og når prosjekteringslederne gjør kontroller i forhold til fremdriftsplanen vurderer de disse selv og planlegger tiltak for å hente inn forsinkelser. Intervjuobjektene anser det som viktig med målinger og erkjenner at det hadde vært fordelaktig å gjennomføre målinger for å få bedre oversikt og kontroll over fremdriften i prosjekteringsprosessen.

Basert på målingene kan prosjekteringsgruppen gjennomføre en årsak-virkningsanalyse for å finne årsaken til at aktivitetene ikke ble utført som planlagt. En årsak-virkningsanalyse er et verktøy for å oppnå kontinuerlig forbedring (Ballard & Howell, 2004). En oversikt over årsakene til at oppgaver ikke ble gjennomført kan henges ved siden av oversikten over målingene av PPU (Ballard & Howell, 2004).

9.2.5 Modell for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC

En modell for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC ble utarbeidet i dette prosjektet og introdusert for intervjuobjektene, se Figur 50. Da de fleste deltakerne har lite erfaring og kunnskap om Lean og VDC, ble det i tillegg sendt ut informasjon om modellen hvor de ulike metodene er presentert og forklart på en enkel måte (vedlegg E).

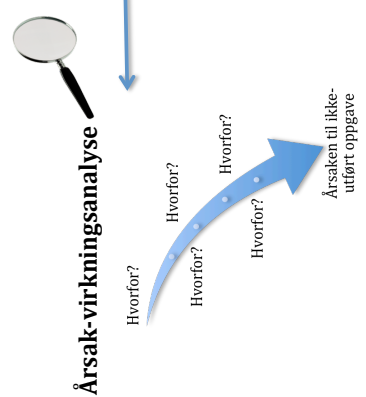
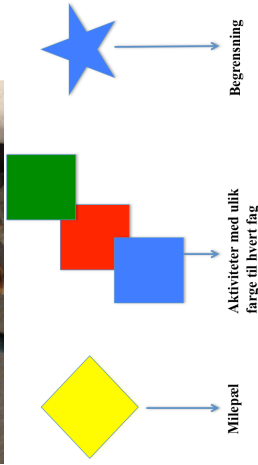
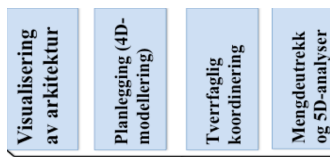
En implementering av Lean og VDC i prosjekteringsprosessen stiller krav til prosjekteringsgruppen. Prosjekteringsgruppen må være åpen for forandring hvis en endring skal være vellykket. Flere av intervjuobjektene understreker viktigheten av en god introduksjon hvis modellen skal implementeres. Informantene påpeker at det er nødvendig å presentere gjennomføringsmodellen i begynnelsen av et prosjekt. Intervjuobjektene presiserer også at modellen må engasjere deltakerne og overbevise dem om at en implementering vil ha positive effekter og resultater. En utfordring med å implementere Lean Construction og VDC er behovet for en endring av atferd, samt vilje blant deltakerne og aktørene i bransjen til å lære et nytt prosjektleveringssystem.

Noen av deltakerne ser utfordringer når det kommer til å overbevise prosjekteringsdeltakere fra ulike rådgivende firma om å ha somlokaliserte møter, da de vet av erfaring at noen syntes det er ineffektivt og unødvendig å forlate sitt eget kontor. I tillegg finner noen av de rådgivende støtte i å sitte med kollegaer de kan forhøre seg med når ulike problemer oppstår. RIV ser positivt på samlokaliserte møter, spesielt om entreprenørene deltar. En deltaker fra prosjekteringsgruppen foreslår at kommunikasjonsmidler som Skype kan benyttes noen ganger hvis det er motstand fra prosjektdeltakere som syntes det er tidkrevende å dra fra kontoret.

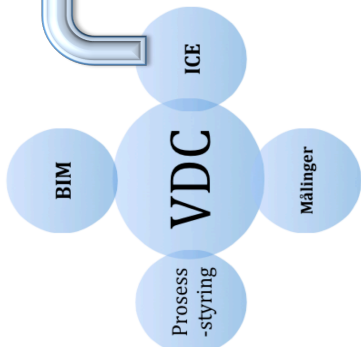
Bruken av BIM i prosjekteringsprosessen legger til rette for Lean og VDC. Dessuten hjelper en implementering av Lean og VDC å utnytte potensialet som ligger i bruken av BIM (Tjell, 2010 og Sacks et al., 2010). Et viktig element for at VDC skal bidra til å optimalisere bruken av BIM er en tidlig involvering av alle aktører (Rekola et al., 2010). En tidlig involvering av aktører og samarbeid om BIM-modellen muliggjør for problemløsning i tidligfase slik at konflikter unngås. Resultatene fra intervjuene viser at deltakerne er innforstått med at det ligger mange muligheter i bruken av BIM, og de erkjenner at det er forbedringspotensial i prosjekteringsprosessen i AF Gruppen. Deltakerne er positive til en prosess med en tidlig involvering av aktørene, oppfølging, kontroll og kontinuerlig forbedring.

Modellen fremstilt i Figur 50 viser fokusområdet og hovedelementene ved en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC. Modellen fokuserer på tidlig involvering, samarbeid gjennom samlokaliserte prosjekteringsmøter (ICE) med god tilgang til aktørene man trenger informasjon fra. Figur 50 illustrerer samhandlingsrommet (iRoom) hvor det henger oppdaterte planer, målinger, og A3-rapporter tilgjengelig for alle. Oppgavene skal brytes ned i et håndterbart omfang slik at raske beslutninger kan gjøres basert på raske avklaringer. I prosjekteringsprosessen skal de ha felles dataverktøy og en felles BIM-modell for visualisering, planlegging og koordinering. Dette gjør det mulig for deltakerne å holde seg oppdatert mellom samlingene. Planene skal utarbeides med "Pull-Planning"- teknikken i de samlokaliserte møtene med de relevante deltakerne til stede. Målinger skal gjøres basert på disse planene for at prosjekteringsgruppen skal ha kontroll på statusen til prosjekteringsarbeidet. Hvis arbeid ikke er gjennomført slik som planlagt skal det gjennomføres en årsak-virkningsanalyse for å komme til bunns i årsaken.

- Felles BIM-modell** (Visualisering, Planlegging, Koordinering)
- Formål med modellen må avklares
 - Troverdig informasjon
 - Detaljeringsnivå i modellen må vurderes opp mot behov
 - God og strukturert modell
 - Bruke BIM på byggeplassen



PROSJEKTERINGSPROSESSE MED BIM, LEAN OG VDC

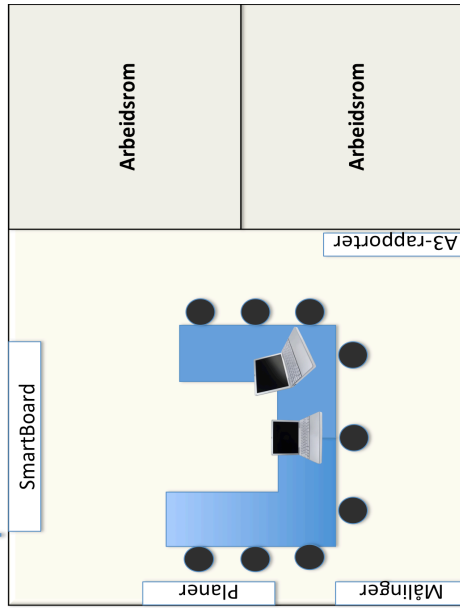


Beskrivelse ICE-møte	Gjennomføring	Deltakere	Når	Sted	Mål
Samlokalisert prosjekteringsmøte → tverrfaglig samarbeid	Tema tas opp i felleskap Arbeid på Smartboard	Alle relevante beslutningstakere for saker som tas opp i ICE-møtet	2 ganger i uka/ hver uke / hver 14. dag	iRoom -interaktivt rom med smartboards (Entrepre-nørens lokale)	Effektiv prosjektgjennomføring med høy kvalitet Redusere treghet
God tilgang til informasjon fra andre aktører	Småmøter kan gjennomføres for å løse utfordringer	(PL, PRL, AL, alle prosjekterende, byggherre, UE og leverandører)	(avhengig av størrelse på prosjekt)		Nye mål settes til neste møte
Raske avklaringer → raske beslutninger	Selvstendig arbeid				



Agenda for ICE-møtet

Oppstart	<ul style="list-style-type: none"> Gjennomgå møteplan for dagens møte Status BIM-modell A3-rapporter Mål: alle aktører henger opp mål for ukas samling
Prosjekteringsarbeid	<ul style="list-style-type: none"> Prosjekterer sammen med andre eller alene Temamøter og småmøter i arbeidsrom ved behov Tverrfaglig samarbeid for avklaringer
Avslutning	<ul style="list-style-type: none"> Gjennomgå A3-rapporter som er behandlet Evaluere "Pull-plan"/veggplan Fremdriftsplanlegging Oppdatere beslutningslogg Måle PPU Oppdatere liste med endringer/uavklarte saker Evaluere møtet



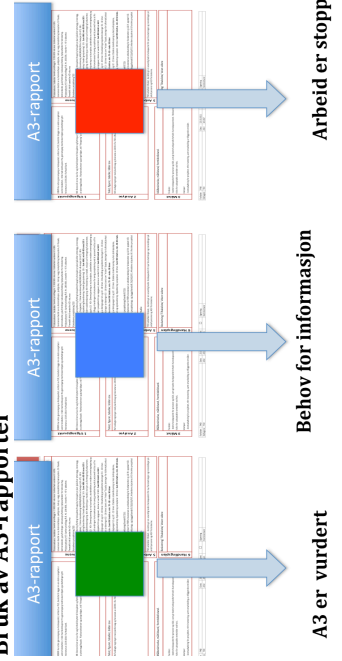
iRoom (Samhandlingsrom)

- Forutsetninger for en effektiv prosjekteringsprosess:**
- Inkluderende og proaktiv arbeidsmetode
 - God møtestruktur; prosjekteringsmøter, temamøter, byggherremøte
 - God dialog mellom byggherre, rådgivere, entreprenører og leverandører
 - Samlokalisert prosjektering (ICE) → iRoom
 - Riktige deltakere i møtene (aktuelle beslutningstakere)
 - Felles BIM-modell

PPU

Årsak-virkningsanalyse

Bruk av A3-rapporter



Figur 50: Modell for prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC

En prosjekteringsprosess som følger en modell med BIM, Lean og VDC kan ha mange fordeler sammenlignet med en tradisjonell prosjekteringsprosess hvis den blir implementert riktig. Noen av forutsetningene for en effektiv prosjekteringsprosess er presentert i Figur 50. Intervjuobjektene generelle respons på en implementering av en slik modell med fokus på tidlig involvering, oppfølging og forbedring er positiv. De trekker også frem at det kun er et spørsmål om vilje om det lar seg gjennomføre, og at det er ikke et spørsmål om ferdighet eller mulighet til endring. Hvordan en slik modell kan implementeres er analysert og drøftet basert på resultatene og presentert i Tabell 16. Informasjon om de ulike elementene er basert på teoridelen i oppgaven.

Element som kan implementeres	Beskrivelse	Hvordan	Kommentar
Oppstartsmøte	<p>Utarbeidelse av felles mål</p> <p>Identifisere utfordringer i prosjektet</p> <p>Gjennomgå forventinger til prosjektet fra byggherre og entreprenør</p> <p>Drøfte suksesskriterier for den enkelte deltaker</p> <p>Gjennomgå hovedfremdriftsplanen</p> <p>Fordele ansvar og oppgaver i gruppen</p>	<p>Alle relevante deltakere inviteres til et oppstartsmøte i starten av prosjekteringsprosessen</p> <p>Presentere og avklare gjennomføringsmodellen for prosjektet</p>	<p>I møtet kan gruppen gjøre avklaringer med BIM-modellen</p> <p>Muliggjør for prosjekteringsgruppen å få en felles visjon om behov og verdier</p> <p>Oppstartsmøtet legger til rette for et godt samarbeid og en god utnyttelse av BIM-modellen</p>
ICE-møter	<p>Samlokalisert prosjekteringsmøte med tverrfaglig samarbeid</p> <p>Bruk av Smartboard (med felles BIM-modell)</p> <p>2 ganger i uka/ hver uke/ hver 14.dag</p>	<p>Alle relevante deltakere møtes i entreprenørens lokale</p> <p>Prosjekteringsarbeidet gjennomføres sammen med andre eller alene</p> <p>Temamøter og småmøter holdes i arbeidsrom basert på behov</p> <p><i>Se: Agenda for ICE-møtet i modell</i></p>	<p>I Sørenga bt. 7 og 8 gjennomfører AF Gruppen BIM-møter hver 14.dag, og prosjekteringsmøter hver 14.dag. Det vil derfor ikke være så stor utfordring og implementere ICE-møter hvor de kan prosjektere sammen</p>
Lage planer basert på LPS med "Pull-Planning"-teknikk	<p>Plannivået i LPS bygger på prinsippet om at aktiviteter skal planlegges mer detaljert desto nærmere man kommer utførelsen, samt at det er de utførende som skal utarbeide planene</p> <p>Bruke Post-it lapper på en plan som henger på veggen i samhandlingsrommet</p>	<p>Planene skal utarbeides i ICE-møtene med de relevante deltakerne slik;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lage milepæler og planlegge bakfra 2. Legge til aktiviteter med Post-it lapper med ulike farger for hvert fag 3. Vurdere hindringer 4. Vurdere om aktiviteten kan gjennomføres 5. Starte de ulike 	<p>I dag setter PRL en ferdigstillelsesdato for prosjekteringen og planlegger bakfra</p> <p>Det vil være enklere og utarbeide pålitelige planer når aktørene deltar. De kan da også enklere se hindringer og lage planer som er optimale for alle</p> <p>Ekstra ressurser i</p>

		aktivitetene basert på den faktiske tilgjengeligheten	starten av planleggingsprosessen kan spare dem ressurser senere
Målinger -Prosent Planlagt Utført (PPU)	<p>PPU måler påliteligheten til planene</p> <p>Målinger kan hjelpe med å kontrollere status av prosjektet</p> <p>Målingene kan øke påliteligheten til deltakernes ferdigstillelse og øke produktiviteten</p>	<p>Måle PPU basert på ukeplanen for prosjekteringen</p> <p>Henge målingene opp på veggene i samhandlingsrommet</p>	<p>Prosjekteringsgruppen kontrollerer per i dag fremdriften basert på tallene i Microsoft Project, og målingene er ikke synlig for alle</p> <p>Måling av PPU krever ikke mye tid og kan derfor enkelt implementeres</p>
Årsak-virkningsanalyse	<p>Analyse for å komme til bunns i årsaken til at oppgaven ikke er utført</p> <p>Enkel måte å gjøre deltakerne klar over hva som egentlig var årsaken til ikke utført arbeid</p>	<p>Gjennomføre årsak-virkningsanalysen basert på registreringene av PPU</p> <p>Spørre 'Hvorfor?' aktiviteten ikke ble gjennomført 5 ganger</p>	<p>Metoden krever lite tid og ressurser og kan dermed enkelt prøves ut</p>
Utvide bruk av BIM	<p>Bruk av BIM på byggeplass</p> <p>Bruke BIM til fremdriftsplanleggingen (4D)</p> <p>Bruke BIM til ressursallokering (5D)</p>	<p>Praktisere en åpen modell som er godt strukturert</p> <p>Formålet til modellen må avklares tidlig</p> <p>Fastsette detaljeringsgrad av modellen tidlig</p>	<p>AF Gruppen prøver ut bruk av 4D-BIM og BIM på byggeplass på prosjekt nå. Det er derfor mulig å gjøre dette til en standard</p>
Bruke A3-rapport som beslutnings-verktøy	<p>A3-rapportene kan henge synlig for alle i iRoom, hvor Post-it lapper kan brukes for å vise statusen på rapporten</p>	<p>Bruke en A3-rapport for å fremstille nødvendig informasjon for ulike alternative løsninger. <i>Se vedlegg I for mal</i></p>	<p>Alle deltakerne kan enkelt fylle ut en slik A3-rapport i stedet for omfattende rapporter</p>

Tabell 16: Implementering av en modell for prosjekteringsprosessen med BIM, Lean og VDC

10 KONKLUSJON

Dette kapittelet presenterer en kortfattet konklusjon på forskningsspørsmålene og følgende problemstillingen. Konklusjonen gis med bakgrunn i drøftingen og essensen i funnene. Avslutningsvis gis det en vurdering av eget arbeid og forslag til veien videre.

Denne studien fokuserer på mulighetene for å få en mer effektiv prosjekteringsprosess. Ulike verktøy og metoder som kan implementeres er presentert i oppgaven. Det bør presiseres at studien fokuserer på mulighetene for en implementering av elementer fra Lean Construction og VDC i BIM-prosjekt i AF Gruppen. Problemstillingen oppgaven forsøker å besvare er: ”*Hvordan kan en implementering av BIM, Lean og VDC bidra til en mer effektiv prosjekteringsprosess?*”

Hvilke krav stilles til en prosjekteringsgruppe?

Dette forskningsspørsmålet er avgrenset til å se på krav til en prosjekteringsgruppe i prosjekt som benytter BIM. Med utgangspunkt i funnene fra casestudiet og litteraturen konkluderes det med at bruken av BIM har positiv påvirkning på prosjekteringsgruppen. Funn viser at BIM-modellen er et verktøy som forbedrer kommunikasjonen. I såkalte BIM-prosjekt har kommunikasjonen et felles referansepunkt i BIM-modellen og prosjekteringsgruppen kan bruke modellen som en informasjonsplattform. En optimal utnyttelse av BIM stiller krav til at det er god kommunikasjon og godt samarbeid mellom deltakerne i prosjekteringsgruppen. BIM kan føre til mer integrerte arbeidsmåter og skaper nye roller som det stilles krav til at prosjekteringsgruppen utfyller. Det stilles krav til at prosjekteringsgruppen har tilstrekkelig kompetanse i bruken av BIM. I tillegg til kompetanse på programvare stilles det krav til avklaring av detaljeringsgraden til modellen, samt forståelse for hva som er kritiske punkt.

Hvordan gjennomføres prosjekteringsprosessen i Lean Construction?

LPDS er styringssystemet som benyttes i prosjekteringsprosessen i Lean Construction. Formålet med LPDS er å levere et prosjekt som oppfyller kundens behov uten å prosessere sløsing. I LPDS benyttes planleggingssystemet LPS med ”Pull-planning”-teknikken for å utarbeide planer. Her samarbeider de relevante deltakerne som skal utføre aktivitetene om å lage planene i samlokaliserte møter. Det er fokus på en tidlig involvering av deltakerne i prosjekteringsprosessen og dette tillater at kunnskap om byggemetoder påvirker den tidlige utformingen av designet. Integrering av kunnskap i tidligfase kan skape et pålitelig design som reduserer endringskostnadene. LPS fokuserer på å utarbeide pålitelige planer, lære av erfaringer og ha kontinuerlig forbedring. For å oppnå kontinuerlig forbedring er det viktig med måling av prestasjon, og dette kan gjennomføres ved at prosjekteringsgruppen måler PPU av planene i møter og henger målingene synlige på veggene i møterommet. Etter måling av PPU kan prosjekteringsgruppen utføre en årsak-virkningsanalyse for å komme til bunns i hvorfor aktiviteten ikke ble utført. Basert på funnene gjort i dette casestudiet kan det konkluderes med at en slik felles planleggingsprosess kunne effektivisert prosjekteringsprosessen i AF Gruppen.

Hvilke fordeler har integrert prosjektering?

Det er mye som tyder på at det er fordelaktig med god kontroll på kommunikasjonen og informasjonsutvekslingen i prosjekteringsprosessen, og dette er noen av fordelene ved en integrert prosjektering. Integrert prosjektering omhandler tidlig involvering av relevante

aktører i prosjekteringsprosessen, noe som resulterer i et bedre samarbeid. Da de relevante aktørene deltar i tidligfase kan beslutninger tas tidligere, og følgelig kan integrert prosjektering redusere endringskostnader. I Lean Construction og VDC har de integrerte prosjekteringsgrupper. En integrert prosjekteringsgruppe legger til rette for informasjonsutveksling og kunnskapsoverføring på tvers av fagene, og øker engasjementet blant deltakerne. Prosjekteringsdeltakerne mener en tidlig informasjonsutveksling og kunnskapsoverføring legger til rette for at prosjekteringsgruppen sammen kan utvikle optimale designløsninger, og enklere kan ta hensyn til avhengighetene mellom fagene. Deltakerne tror også at å sitte sammen å prosjektere kan føre til raskere avklaringer og beslutninger hvor problemer løses tidligere og følgelig kan prosessen bli effektivisert.

Hva er fordelene med å implementere Lean i prosjekt som benytter en BIM-modell?

BIM og Lean er to separate initiativ og er ikke avhengig av hverandre, men for å optimalisere prosjekt er det nødvendig å implementere dem begge. Det anbefales å implementere BIM og Lean samtidig på grunn av deres mange felles elementer. Det er flere fordeler med å implementere Lean og BIM i prosjekt. Lean fokuserer på en tidlig involvering av aktører, noe som legger til rette for en optimal utnyttelse av BIM. En tidlig involvering kan resultere i at utformingen av designet blir mer pålitelig, og dermed reduseres andelen av omarbeid. Når de utførende er med på å påvirke designet kan engasjementet til deltakerne bli større. Selv om kostnadene i tidligfase blir høyere på grunn av en ressurskrevende BIM-koordinering kan fordelene med Lean og BIM være med på å redusere de totale kostnadene sammenlignet med en tradisjonell prosjekteringsprosess.

Hvordan påvirker VDC bruken av BIM?

VDC kan hjelpe med å få en mer helhetlig implementering av BIM i prosjekteringsprosessen. Prosjektformen VDC fokuserer på en tidlig involvering av aktører, noe som bidrar til å optimalisere bruken av BIM. En implementering av VDC fører til et bedre virtuelt samarbeid, god kommunikasjon mellom deltakerne, og en effektiv prosjektgjennomføring med høy kvalitet. I ICE-møtene som gjennomføres i VDC kan prosjekteringsgruppen utarbeide BIM-modellen sammen, og dermed kan de utvikle en bedre modell med optimale designløsninger. Funn viser at deltakerne er positive til å sitte sammen og den generelle oppfatningen er at prosjekteringsprosessen kan bli mer effektiv hvis de samarbeider om å utvikle modellen i prosjekteringsmøter.

Hvordan kan prosjekteringsprosessen bli mer effektiv med bruk av VDC og Lean?

På bakgrunn av en rekke kilder sitert i oppgaven kan det sies at BIM, Lean og VDC kan forbedre kommunikasjonen og informasjonsutvekslingen i prosjekteringsprosessen. Lean og VDC er metodikker som kan benyttes for å organisere og lede prosjekteringsprosessen, slik at det oppnås økt forutsigbarhet og effektivitet i byggeproduksjonen. Ved å ha ICE-møter og målinger som integrerte elementer kan prosjekteringsprosessen effektiviseres.

I følge litteraturen er det nødvendig med en implementering av Lean og VDC for at BIM skal nå sitt potensiale. Modellen utviklet i oppgaven tar for seg hovedelementene ved Lean og VDC som ICE, målinger, A3-rapport, planleggingsprosess med "Pull-Planning", og en utvidet bruk av BIM. Denne modellen fokuserer på tidlig involvering av aktører, samlokalisert prosjektering med godt samarbeid og oppfølging av prosjekteringsprosessen. Resultatene fra casestudiet indikerer at deltakerne tror en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC kan forbedre både kommunikasjonen og informasjonsutvekslingen. En Lean prosjekteringsprosess

fører til et godt samarbeid, redusert omarbeid, og reduserte kostnader sammenlignet med en tradisjonell prosjekteringsprosess. En oppsummering av fordelene er gitt under punkt ***Fordeler med å implementere modellen.*** Selv om en modell med BIM, Lean og VDC har mange fordeler er det ikke sikkert at en implementering av Lean og VDC i AF Gruppen automatisk fører til en mer effektiv prosjekteringsprosess. Det er nødvendig at metodene og verktøyene som implementeres tilpasses organisasjonen. Et forslag på en implementering av hovedelementene i denne modellen i AF Gruppen er presentert i en tabell i kapittelet med analyse og drøfting.

Fordeler med å implementere modellen

- Den inkluderende arbeidsmetoden legger til rette for god kommunikasjon
- Tidlig involvering fører til bedre samarbeidsklima i prosjekteringsgruppen
- Samlokalisering skaper en effektiv beslutningsprosess hvor problemer kan løses raskt
- Samlokaliseringen fører til at informasjonen fra de ulike aktørene er lett tilgjengelig
- Lean og VDC legger til rette for en optimal utnyttelse av BIM
- ”Pull-planning” gjør planleggingsprosessen transparent og effektiv
- Planleggingsprosessen skaper pålitelige planer og engasjerte deltakere
- Prosessen legger til rette for å analysere avhengighetene mellom fagene
- Tidlig involvering og samarbeid resulterer i optimale løsninger og et forbedret design
- Det er enklere å få riktig detaljeringsgrad på BIM-modellen
- Gjennomføringen legger til rette for en høy kvalitet på prosjekteringen med redusert omarbeid
- A3-rapporten gjør det mulig å effektivt vurdere ulike løsninger
- Målinger muliggjør for god kontroll på statusen til prosjekteringsarbeidet
- Årsak-virkningsanalysen gjør det enkelt å følge opp hvorfor arbeid ikke er utført
- Ved å benytte LPS kan sløsing i designet reduseres og dermed øker verdien
- Implementering av modellen effektiviserer prosjekteringsprosessen

En av utfordringene med innføringen av nye elementer er at det stiller krav til deltakerne om tilstrekkelig kunnskap. I tillegg er det nødvendig at prosjekteringsgruppen er åpen for forandringer og nyskaping hvis en endring i prosjekteringsprosessen skal være vellykket. Et intervjuobjekt presiserer at det er nødvendig å gjøre strategiske valg om man skal ligge i front med tanke på teknologien i denne bransjen. Det er et stort utviklingspotensial ved bruken av BIM i AF Gruppen i dag, og dette potensialet kan muligens nås ved en implementering av Lean og VDC. Funn fra casestudiet viser at de fleste deltakerne stiller seg positive til en innføring av disse forbedringsmetodene i prosjekteringsprosessen.

10.1 Vurdering av eget arbeid

Det er gjort en vurdering av eget arbeid og masteroppgavens troverdighet vurderes som god. Casestudiet har tjent oppgaven med pålitelig informasjon, og casen som ble valgt anses som relevant for oppgaven. Det bør nevnes at det i casestudiet er benyttet informasjon fra ett prosjekt. For å øke resultatenes validitet kunne det med fordel vært undersøkt flere prosjekt i AF Gruppen og prosjekt i andre bedrifter.

I vurderingen av eget arbeid har undertegnede kommet frem til at det med fordel kunne vært færre forskningsspørsmål. Eventuelt kunne forskningsspørsmålene vært mer spissformulerte slik at oppgaven ble smalere og mer spesifikk. Ved å ha færre forskningsspørsmål hadde det trolig vært mulig å fordype seg enda mer i hvert av dem. Som et resultat av de seks

forskningsspørsmålene og problemstillingen har oppgavens teoridel blitt omfattende. Selv om teoridelen er omfattende vurderes den til å ha god validitet basert på størrelsen på kildegrunnet samt kildenes troverdighet og reliabilitet.

Resultatene som presenteres er basert på et relativt lite utvalg av intervjuobjekter og deltakere i spørreundersøkelsen. Ved å gjennomføre flere intervju kunne oppgavens validitet økt. I tillegg hadde validiteten økt hvis spørreundersøkelsen ble utført av flere deltakere. For å få flere deltakere til å gjennomføre undersøkelsen kunne det kanskje vært sendt ut enda flere påminnelser, samt forsøkt å framskaffe et større utvalg av relevante deltakere.

10.2 Videre arbeid

Det ville vært interessant om Lean og VDC ble forsøkt implementert i BIM-prosjekt i AF-Gruppen. Et forslag til videre arbeid er følgelig oppfølging av prosjekt der en modell for en prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC er implementert. Her kunne man intervjuet det samme utvalget med intervjuobjekter for å få deres erfaringer med en slik gjennomføringsmodell sammenlignet med den tradisjonelle. I tillegg kunne man undersøkt om en innføring av Lean og VDC faktisk effektiviserer prosjekteringsprosessen.

Hvis modellen for BIM, Lean og VDC blir den nye faste gjennomføringsmodellen for AF Gruppen kan det gjennomføres kvantitative undersøkelser i et mangfold av prosjekter. En slik undersøkelse hadde gitt kvantitative svar på om modellen fungerer både internt og eksternt. Ved å gjennomføre en kvantitativ undersøkelse ville en kunne sett om de ønskede effektene med en implementering er oppnådd.

REFERANSELISTE

- AF. (2015). 2015, from afgruppen.no
- Alves, T. (2014). The Last Planner System of Production Control
- Aranda-Mena, Crawford, Cheves, & Froese. (2008). Building information modelling demystified: Does it make business sense to adopt BIM?
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. . *Leadership in Management in Engineering*, 11(3), 241-252.
- Ballard, G. (2000). The last planner system of production control
- Ballard, G. (2008). The Lean Project Delivery System: An update. *The International Group for Lean Construction*.
- Ballard, G., & Howell, G.A. (2003). Lean project management. *Building Research and Information*, 31(2), 119-133. doi: 10.1080/09613210301997
- buildingSMART. (2015). Hva er åpenBIM? Retrieved 10.02.2015, 2015, from <http://www.buildingsmart.no/hva-er-apenbim>. buildingSMART Norge.
- Chachere, J., Kunz, J., & Levitt, R. (2004). Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Grounded Theoretical Factors that Enable Radical Project Acceleration.
- Chen, P.H., Cui, L., Wan, C., Yang, Q., Ting, S.K., & Tiong, R.L. (2004). Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers
- ZetaCommunities. (2015). Building information modeling. 2015, from <http://www.zetacommunities.com/services/building-information-modeling>.
- Cooper, D., & Schindler, P. (2008). *International Edition: Business Research Methods*. New Delhi
- CRC, C.I. (2007). Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House, Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane, Australia.
- Deutsch, R. (2011). BIM and Integrated Design
- Eastman, C.M., Teicholz, P., Sacks, R, Liston, K. . (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, architects, engineers, contractors, and fabricators.
- Fauchier, D. (2013). Lean Construction Institute's Last Planner System Scheduling. San Diego State University
- Forbes, L.H., & Ahmed, S.M. (2011). *Modern construction: lean project delivery and integrated practices*. Boca Raton: CRC Press.
- Ballard, G., & Howell, G.A. (1998). Shielding production: An essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*.
- Ballard, G., & Howell, G. (2004). *An update on Last Planner*. Paper presented at the IGLC
- Hansen, G.K. (2003). *Prosjekteringsledelse- Oppgaver og ansvar*: Institutt for byggekunst prosjektering og forvaltning
- Hansen, G.K., & Haugen, T. (2000). *Sampsillet i byggeprosessen*. Institutt for bygningssteknologi, NTNU: Tapir akademisk forlag.
- Hattab, M.A., & Hamzeh, F. (2013). Information flow comparison between traditional and BIM-based projects in the design phase. *The International Group for Lean Construction*(21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013, Fortaleza, Brazil, The International Group for Lean Construction.).
- Holme, I.M., & Solvang, B.K. (1998). *Metodevalg og metodebruk* Tano/Aschehoug.
- Holme, I.M., Solvang, B.K., Fløistad, G., Kjeldstadli, K., & O'Gorman, D. (1997). *Forskningsmetodik: om kvalitative och kvantitative metoder*.
- Institute, L.C. (2014). from www.leanconstruction.org
- Johannessen, J.-A., & Rosendahl, T. (2010). Prosjektkommunikasjon
- Khanzode, A., Fischer, M., Reed, D., & Ballard, G. (2006). A Guide to Applying the Principles of

- Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process. Stanford University
- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction.
- Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. *VTT Publications*(408), X-296.
- Koskela, L., Huovila, P., & Leinonen, J. (2002). Design management in building construction: From theory to practice. *Journal of Construction Research*.
- Krygiel, E., & Nies, B. (2008). Green BIM: Successful sustainable design with building information modeling
- Kunz, J., & Fischer, M. (2012). Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. Stanford University.
- Kymmell, W. (2008). Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. New York, McGraw-Hill
- Lichtig, W. (2005). Sutter Health: Developing a Contracting Model to Support Lean Project Delivery. *Lean Construction Journal*, 2.
- Liker, J.K. (2004). The Toyota Way
- Macomber, H., Howell, G.A., & Reed, D. (2005). Managing promises with the Last Planner System: closing in on uninterrupted flow
- Meland, Ø.H. (2000). *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen*. (Doktoravhandling), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
- Moore, R. (2011). *Selecting the right manufacturing improvement tools: what tool? when? :* Butterworth-Heinemann.
- Moud, H.I. (2013). Integrating BIM and Lean in the design phase; investigating collocated design meetings (iRoom).
- NSD. (2015). Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste (NSD) Retrieved 15.02.2015, 2015, from <http://www.nsd.uib.no>.
- Ohno, T. (1998). Toyota Production System: beyond Large-Scale Production. . *Productivity Press: Cambridge*.
- Østby-Delgum, E., Svalestuen, F., & Drevland, F. (2013). *Prosjekteringsledelse*: NTNU
- Rafael Sacks, A.Dave, B., Koskela, L., & Owen, R. (2009). Analysis framework for the interaction between lean construction and building information modelling
- Rekola, M., Kojima, J., & Mäkeläinen, T. (2010). Towards integrated design and delivery solutions: Pinpointed challenges of process change.
- RIF, O.f.r. (2004). Prosjekteringsledelse i bygge-og anleggsprosjekter.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B.A., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 968-980. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203
- Samset, K. (2008). Prosjekt i tidligfasen. Trondheim.
- Samset, K. (2014). Forskningsmetode: *NTNU Fordypningsfag*.
- Shook, J. (2008). Managing to Learn: Using the A3 Management Process to Solve Problems, Gain Agreement, Mentor, and Lead. Cambridge,: Lean Enterprise Institute.
- Statsbygg. (2010). *BIM- en digital måte å bygge smartere på* Paper presented at the buildingSMART.
- Statsbygg. (2013). Statsbygg BIM-manual. from <http://www.statsbygg.no/Files/publikasjoner/manualer/StatsbyggBIM-manual-Ver1-2-1-2013-12-17.pdf>.
- Thais Alves, David J. Gerber, Pedram Oskouie, & Becerik-Gerber, B. (2012). Extending the interaction of Building Information Modelling and Lean Construction *20th Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2012*.
- Tjell, J. (2010). *Building Information Modeling (BIM) in Design Detailing with Focus on Interior Wall Systems*. (Master thesis), The Technical University of Denmark, , University of

- California, Berkely.
- Veidekke. (2013). Involverende planlegging i prosjekteringsfasen.
- VIKO. (2010). Kildekritikk. Retrieved 10.02.2014, from <http://www.ntnu.no/viko/kildekritikk>.
NTNU.
- Westgaard, H., Arge, K., & Moe, K. (2010). Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse
- Womack, J.P., & Jones, D.T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York.
- Yin, R.K. (1994). *Case Study Research: Design and Methods*

11 VEDLEGG

Relevante vedlegg for oppgaven følger i denne rekkefølgen

- Vedlegg A** Intervjuguide Casestudie- Sørenga bt.7 og 8 (AF Gruppen)
- Vedlegg B** Intervjuguide Casestudie- Rådgivende ingeniør (Rambøll)
- Vedlegg C** Intervjuguide BIM-prosjekt i AF Gruppen
- Vedlegg D** Modell for prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC
- Vedlegg E** Informasjon i tillegg til modell
- Vedlegg F** Informasjonsskriv om masteroppgaven for deltakere i casestudiet
- Vedlegg G** Kvittering meldeskjema NSD
- Vedlegg H** Spørreundersøkelse
- Vedlegg I** Eksempel på mal for A3-rapport
- Vedlegg J** Kollisjonsrapport fra BIM-møte18.03.2015

Vedlegg A - Intervjuguide Casestudie: Sørenga Bt. 7 og 8

Introduksjon

1. Hva er din rolle i dette prosjektet?
2. Hva er din bakgrunn?
 - Erfaring?

Bruk av BIM i prosjekteringsprosessn

1. Hvordan blir prosjekteringsprosessn i BIM-prosjekt gjennomført?
2. I hvor stor grad benytter dere BIM modellen?
3. Hvordan blir arbeidet med BIM-modellen gjennomført?
4. Hvordan erfaring har du med bruk av BIM i prosjekteringsprosessn?

Verktøy og metoder benyttet i prosjekteringsprosessn

1. Hvilke verktøy eller metoder benytter dere i prosjekteringsprosessn?

Gjennomføringen av prosjekteringsprosessn

1. Hvordan var gjennomføringen av prosjekteringsprosessn? Var den så smertefri som den burde ha vært?
2. Hvordan ble planene utformet?
3. Gjennomfører dere noen målinger i prosjekteringsprosessn?
4. Hvilke begrensninger og forutsetninger har dere for prosjekteringsprosessn med tanke på entreprisformen?

Tanker om implementering av Lean Construction og VDC (etter modell og info er presentert)

1. Hvordan tror en slik modell for prosjekteringsprosessn kan implementeres?
- 2.
3. Hvordan tror du muligheten er for å effektivisere prosjekteringsledelsen med en implementering av Lean og VDC?
4. Hvordan tror du prosjekteringsteamet stiller seg til en implementering av Lean og VDC?
5. Har du tips til eventuelle endringer som kan forbedre modellen?

Vedlegg B - Intervjuguide Casestudie: Sørenga Bt. 7 og 8

Introduksjon

1. Hva er din rolle i dette prosjektet?
2. Hva er din bakgrunn?
Erfaring?

Bruk av BIM i prosjekteringsprosessen

1. I hvor stor grad benytter dere BIM modellen?
2. Hvordan blir arbeidet med BIM-modellen gjennomført?
3. Hvordan erfaring har du med bruk av BIM i prosjekteringsprosessen?
4. Hvordan erfaring har du med gjennomføring av BIM-møtene?
5. Har du benyttet BIM til andre formål i tidligere prosjekt?

Verktøy og metoder benyttet i prosjekteringsprosessen

1. Hvilke verktøy eller metoder benytter dere i prosjekteringsprosessen?

Gjennomføringen av prosjekteringsprosessen

1. Hvordan var gjennomføringen av prosjekteringsprosessen? Var den så smertefri som den burde ha vært?
2. Hvordan ble planene fulgt opp?
3. Gjennomfører dere noen målinger i prosjekteringsprosessen?

Tanker om implementering av Lean Construction og VDC (etter modell og info er presentert)

1. Hvordan betydning tror du en slik modell har for dere som rådgivende ingeniør på prosjektet?
2. Hvordan tror du muligheten er for å effektivisere prosjekteringsledelsen med en implementering av Lean og VDC?
3. Hvordan tror du dere som rådgivende ingeniør stiller dere til en implementering av Lean og VDC?
4. Har du tips til eventuelle endringer som kan forbedre modellen?

Vedlegg C – Intervjuguide for BIM-prosjekt i AF Gruppen

Introduksjon

1. Hva er din bakgrunn?
-Erfaring?

Bruk av BIM i prosjekteringsprosessen

1. Hvordan blir prosjekteringsprosessen i BIM-prosjekt gjennomført?
2. Hva bruker dere BIM-modellen til?
3. I hvor stor grad benytter dere BIM modellen?
4. Hvordan blir arbeidet med BIM-modellen gjennomført?
5. Hvordan erfaring har du med bruk av BIM i prosjekteringsprosessen?
6. Er de involverte klar over fordelene BIM kan tilføre prosjekteringsprosessen?

Verktøy og metoder benyttet i prosjekteringsprosessen

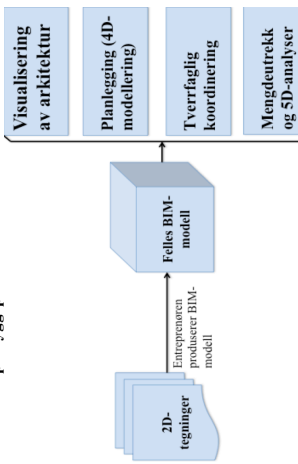
1. Hvilke verktøy eller metoder benytter dere i prosjekteringsprosessen?

Tanker om implementering av Lean Construction og VDC (etter modell og info er presentert)

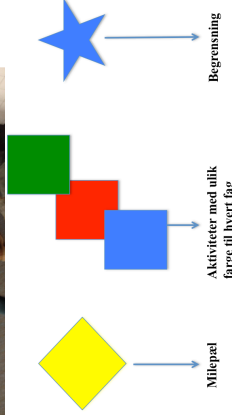
1. Hvordan tror en slik modell for prosjekteringsprosessen kan implementeres?
2. Hvordan tror du muligheten er for å effektivisere prosjekteringsledelsen i BIM-prosjekt med en implementering av Lean og VDC?
3. Hvordan tror du prosjekteringsteamet stiller seg til en implementering av Lean og VDC?
4. Har du tips til eventuelle endringer som kan forbedre modellen?

Vedlegg D – Modell for prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC

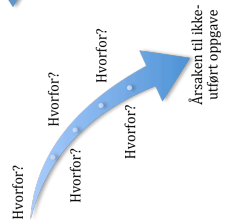
- Felles BIM-modell** (Visualisering, Planlegging, Koordinering)
- Formål med modellen må avklares
 - Truverdig informasjon
 - Detaljeringsnivå i modellen må vurderes opp mot behov
 - God og strukturert modell
 - Bruke BIM på byggeplassen



"Pull-planning"



Årsak-virkningsanalyse



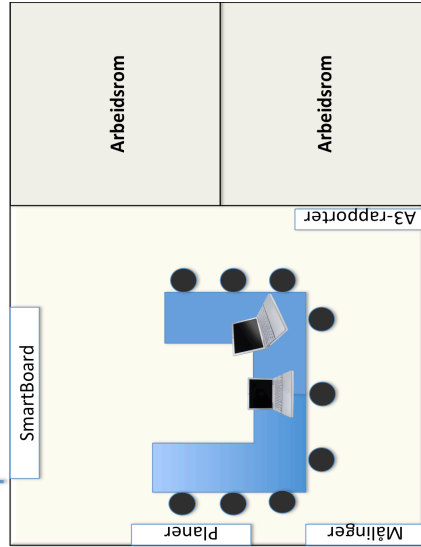
PROSJEKTERINGSPROSSES MED BIM, LEAN OG VDC

FOKUS: Tidlig involvering, Samarbeid, Oppfølging

Beskrivelse ICE-møte	Gjennomføring	Deltakere	Når	Sted	Mål
Samlokalisert prosjekteringsmøte → tverrfaglig samarbeid	Tema tas opp i felleskap Arbeid på Smartboard	Alle relevante beslutningstakere for saker som tas opp i ICE-møtet	2 ganger i uka/ hver uke / hver 14. dag	iRoom -interaktivt rom med smartboards (Entreprenørens lokale)	Effektiv prosjektgjennomføring med høy kvalitet Redusere treghet
God tilgang til informasjon fra andre aktører	Småmøter kan gjennomføres for å løse utfordringer	(PL, PRL, AL, alle prosjekterende, byggherre, UE og leverandører)	(avhengig av størrelse på prosjekt)		Nye mål settes til neste møte
Raske avklaringer → raske beslutninger	Selvstendig arbeid				

Agenda for ICE-møtet

Oppstart	<ul style="list-style-type: none"> Gjennomgå møteplan for dagens møte Status BIM-modell A3-rapporter Mål: alle aktører henger opp mål for ukas samling
Prosjekteringsarbeid	<ul style="list-style-type: none"> Prosjekterer sammen med andre eller alene Temamøter og småmøter i arbeidsrom ved behov Tverrfaglig samarbeid for avklaringer
Avslutning	<ul style="list-style-type: none"> Gjennomgå A3-rapporter som er behandlet Evaluer "Pull-plan"/veggplan Fremdriftsplanlegging Oppdatere beslutningslogg Måle PPU Oppdatere liste med endringer/uavklarte saker Evaluerer møtet

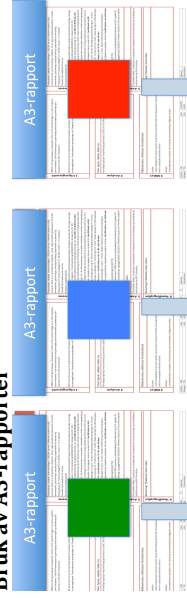


iRoom (Samhandlingsrom)

Forutsetninger for en effektiv prosjekteringsprosess:

- Inkluderende og proaktiv arbeidsmetode
- God møtestruktur; prosjekteringsmøter, temamøter, byggherremøte
- God dialog mellom byggherre, rådgivere, entreprenører og leverandører
- Samlokalisert prosjektering (ICE) → iRoom
- Riktige deltakere i møtene (aktuelle beslutningstakere)
- Felles BIM-modell

Bruk av A3-rapporter



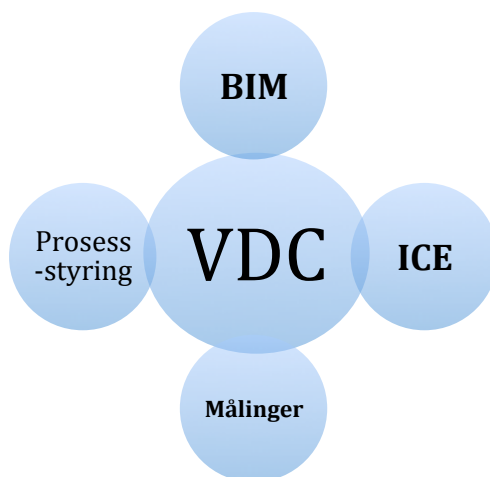
Vedlegg E – Informasjon i tillegg til modell

1 Prosjekteringsprosess med BIM, Lean og VDC

1.1 Virtual Design and Construction (VDC)

Virtual Design and Construction (VDC) er en metodikk og et rammeverk utviklet av Center of Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University i USA i 2001 (Khazode et.al, 2006). I VDC-prosjekter benyttes virtuelle hjelpemidler, metoder og verktøy for å effektivisere prosjektarbeidet og redusere unødvendig arbeid. Konseptet VDC kan hjelpe med å få en mer helhetlig implementering av ny teknologi som BIM og Integrated Concurrent Engineering (ICE).

- Samlokalisering og samtidighet i prosjekteringen → iRoom
- Raske beslutninger ved at deltakerne prosjekterer og beslutter sammen
- ICE-møter
- Bruk av BIM som verktøy til beslutninger og koordinering



Figur 51: De fire hovedelementene i VDC

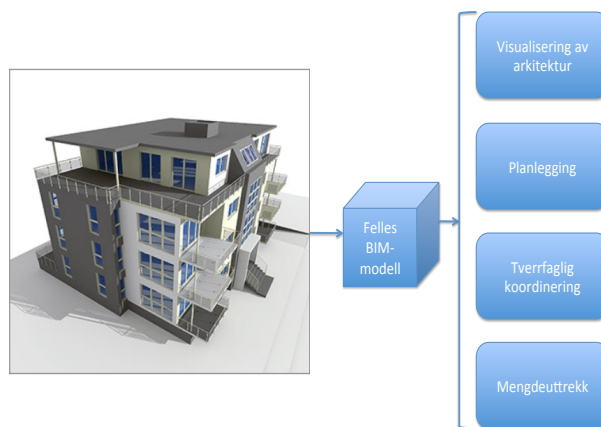
1.1.1 Prosesstyring

Produkt-Organisasjon-prosess (POP) modellen fra VDC tillater prosjektteamet til å identifisere hvordan forandringer i produktet, organisasjon og prosess påvirker prosjektet som en helhet (Khazode et.al, 2006). POP-modeller er altså et verktøy for planlegging og kontroll av prosess og produkter. POP-modeller kan hjelpe med å bygge opp 4D BIM, og dette verktøyet kan benyttes både for planlegging og kontroll.

1.1.2 BIM i VDC

Siden VDC er orientert rundt bruk av informasjonsteknologi og virtuelle modeller er BIM et essensielt verktøy i VDC (Sacks et. al, 2010). VDC legger vekt på utvikling og bruk av BIM som et verktøy som kan benyttes i beslutningsprosessen, samt i koordineringen og analysen av aktiviteter.

- Verktøy for visualisering, planlegging og koordinering
- Felles modell (åpen BIM)
- Formålet til modellen må avklares
- Detaljering av modellen bør bli vurdert opp mot behov
- Det må være en tverrfaglig enighet om hvem, og hva som skal leveres av innhold til modellen (dette må være i BIM Prosjektplanen)
- BIM-modellen kan hjelpe teamet å skape et felles mål for prosjektet
- Verktøy for bedre kommunikasjon
- Viktig med forståelse av egen BIM-leveranse (detaljnivå og struktur)
- Viktig å ha en god og strukturert modell

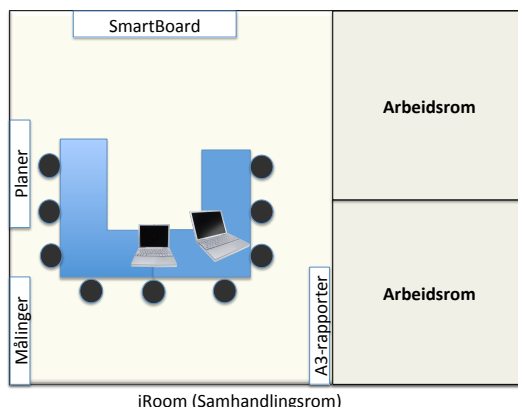


Figur 52: Noen av bruksområdene til BIM

1.1.3 Integrated Concurrent Engineering (ICE)

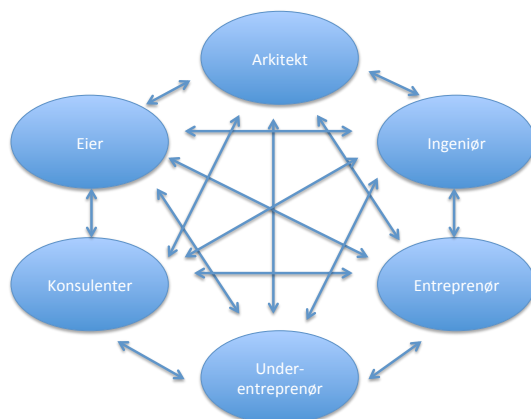
Integrated Concurrent Engineering (ICE) møter er møter hvor de relevante aktørene sitter samlokalisert i et iRoom og prosjekterer jevnlig over et avgrenset tidsrom (Rekola et.al, 2010).

- Samlokalisert prosjektering i et tverrfaglig landskap (iRoom)
- God tilgang til aktørene man trenger informasjon fra
- Oppgavene brytes ned i håndterbart omfang → raske beslutninger basert på raske avklaringer
- Målet er å samle kompetanse og beslutningsdeltakere på et felles sted
- Felles dataverktøy sørger for at alle holder seg oppdatert mellom samlingene
- Visualisering av oppdaterte planer, målinger, A3-rapporter som henger tilgjengelig for alle på veggene i samhandlingsrommet



Beskrivelse ICE-møte	Gjennomføring	Deltakere	Hyppighet	Sted	Mål
Samlokalisert prosjekteringsmøte	Tema tas opp i felleskap	Alle deltakere som er interessenter i saker som skal tas opp i ICE-sesjoner.	Hver uke / hver 14. dag	iRoom -interaktivt rom med smartboards	Effektiv prosjektgjennomføring med høy kvalitet
God tilgang til informasjon fra andre aktører	Arbeid på smartboard		(avhengig av størrelse av prosjekt)	(Entreprenørens lokale)	Redusere tregghet (eng.latency)
Raske avklaringer og dermed raske beslutninger	Småmøter kan gjennomføres for å løse utfordringer	(PL, PRL, AL, alle prosjekterende, byggherre, UE og leverandører)			
Tverrfaglig samarbeid	Selvstendig arbeid				

Tabell 17: Gjennomføring av ICE-møte



Figur 53: iRoom skaper et tverrfaglig samarbeid

1.1.4 Målinger i prosjekteringsprosessen

En av målemetodene som kan brukes i VDC og LPS er **Prosent Planlagt Utført (PPU)** (Ballard & Howell, 2003). PPU måler påliteligheten til planen som ble laget, den viser hvor mange løfter som ble gjort versus hvor mange som ble overholdt i prosent:

$$PPU = \frac{T_{ua}}{T_n} \times 100$$

T_{ua} = Utføre aktiviteter

T_n = Totalt antall aktiviteter

Planlegging er bare effektiv etterfulgt av kontroll, og PPU måles basert på ukeplanen. Målingene er derfor et godt verktøy prosjekteringsgruppen kan benytte for å være i stand til å kontrollere status for prosjektet og administrere og motivere teamet. Måling av ytelse kan være motiverende for gruppen, siden deltakerne kan føle et indre insentiv for å fullføre arbeidet i tide. Formål med målingene bygger på Lean filosofi og er å lære av erfaringer og kontinuerlig forbedring.

1.2 Last Planner System (LPS) i Lean Construction

Last Planner System er et system utviklet av Ballard som en del av Lean Project Delivery System (LPDS) (Ballard, 2008). Kan beskrives som 'Samarbeidsplanlegging'.

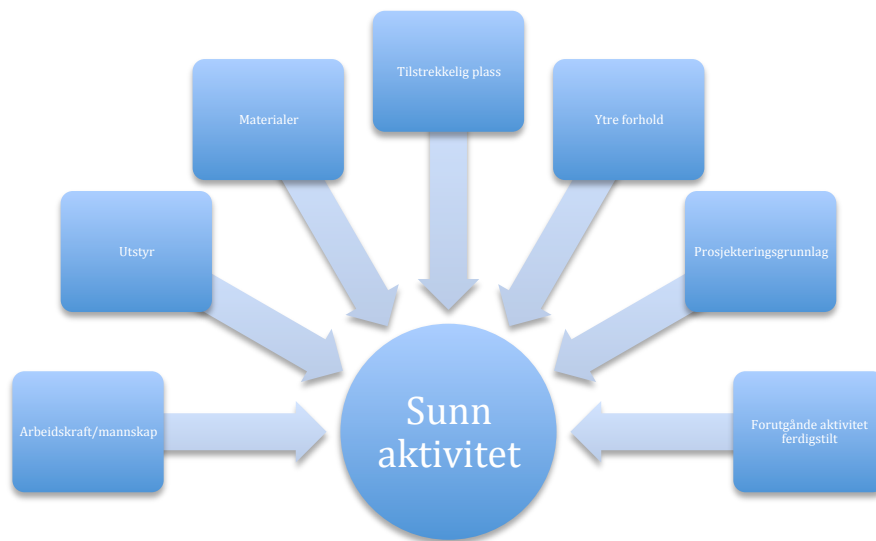
'Last Planner System (LPS) - The collaborative, commitment-based planning system that integrates should-can-will-did planning (pull planning, make-ready look-ahead planning with constraint analysis, weekly work planning based upon reliable promises, and learning based upon analysis of PPC and Reasons for Variance.' (Institute L.C, 2014).

LPDS åpner for tidlig involvering av deltakerne i prosjekteringsprosessen og dette tillater at kunnskap om byggemetoder kan påvirke den tidlige utformingen av designet (Khanzode et.al, 2006).

1.2.1 Plansystemet – ("BØR-KAN-VIL-SKAL")

Last Planner bygger på prinsippet om at det er det siste leddet i planleggingskjeden som skal utarbeide planene. LPS fokuserer på utviklingsplanlegging planlegging med forpliktelse og læring av gjennomførte aktiviteter. Målet er derfor å skape en flyt i byggeprosessen basert på pålitelighet og forpliktelse. Det fokuserer på planlegging med forpliktelse, som betyr at deltakere skal gjøre avtaler som arbeidslaget kan stå ved. Planene skal være pålitelige noe som tilsier at man kun skal planlegge aktiviteter som kan gjennomføres. Planleggingsprosessen bygger på "BØR-KAN-VIL-SKAL"-prinsippet (Ballard, 2000). I planleggingsprosessen skal det som BØR gjøres omdannes til hva som KAN gjøres og slik opparbeides det klarlagt arbeid som det kan utarbeides ukearbeidsplaner av. Når ukeplanen fastsettes forplikter de utførende seg til at arbeidsoppgaven i planen VIL utføres.

Aktiviteter i prosjektene skal karakteriseres som sunne før de kan påbegynnes og et av formålene er å legge til rette for arbeidet som skal gjøres den kommende uken (Ballard & Howell, 1998). For at en aktivitet skal være sunne (eng: sound) er det identifisert syv forutsetninger som må ligge til grunn for å sikre at oppgaven KAN utføres, se Figur 54.



Figur 54: Syv forutsetninger for en sunn aktivitet, basert på Koskela (2000)

1. **Arbeidskraft/mannskap** med riktig kompetanse og kapasitet til å utføre arbeidet er nødvendig
2. **Utstyr** som er tilfredsstillende med tanke på effektivitet, sikkerhet og belastning må være tilgjengelig
3. **Materialer** som skal brukes må være tilstede til riktig kvalitet og mengde
4. **Tilstrekkelig plass** til å utføre aktiviteten, samt ryddet og klargjort plass før arbeidet starter
5. **Ytre forhold** må være tilstede, eksempel på ytre forhold er vær og offentlige tillatelser
6. **Prosjekteringsgrunnlag** må inneholde riktig informasjon. Underlag som tegninger, beslutninger og beskrivelser må inneholde nøyaktig informasjon, og hva som skal gjøres må være klart
7. **Forutgående aktiviteter** må være ferdigstilt og ha riktig kvalitet for at det skal være mulig å starte på neste aktivitet

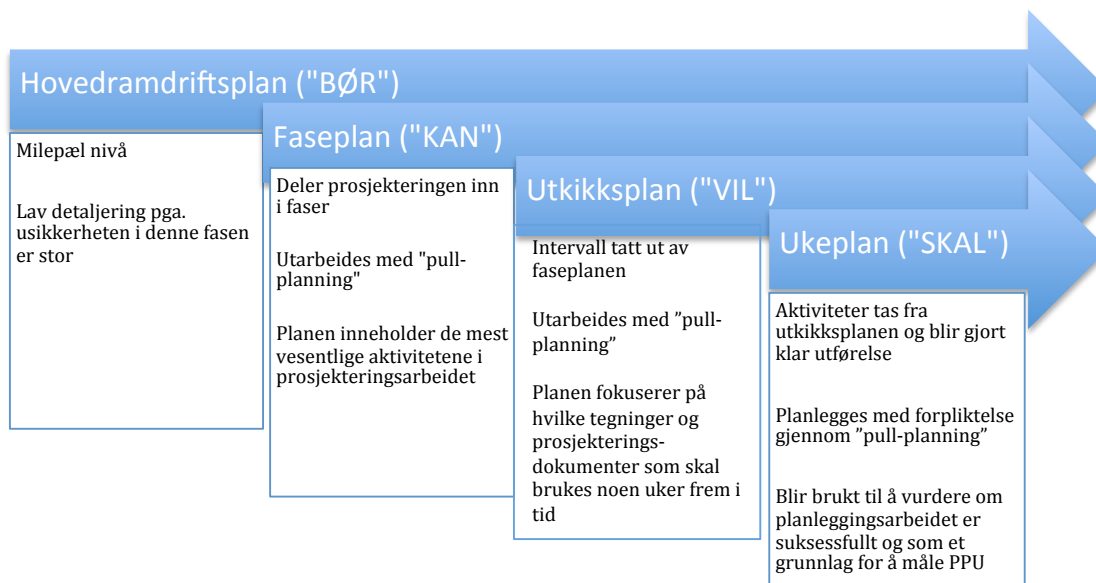
1.2.2 Planleggingsprosessen

Planene blir utarbeidet i samlokaliserte møter med prosjektdeltakerne og relevante aktører (Forbes & Ahmed, 2011). Trinnene i denne prosessen er:

1. Ha en agenda klar til møtet
2. Introduser hele teamet slik at alle aktører blir kjent med hverandre
3. Sørg for at all nødvendig prosjektdata er tilgjengelig
4. Bruk post-it lapper på en plan som henger på veggen i samhandlingsrommet
5. Bruk "pull" teknikk for å planlegge oppgaver
6. Fremme kreativitet for å generere ideer
7. Identifiser flyt og verifiser med aktørene
8. Dokumenter planen og lagre den elektronisk
9. Gjennomgå og finjuster planen

1.2.3 Plannivå i Last Planner System

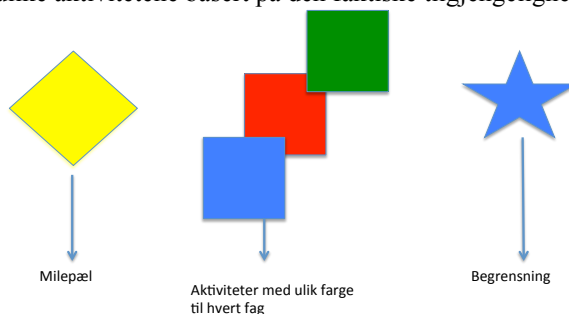
Plannivået i LPS er bygd på prinsippet om at aktiviteter skal planlegges mer detaljert desto nærmere man kommer utførelsen for da blir graden av usikkerhet mindre (Ballard & Howell, 2004).



Figur 55: Plannivå i LPS

"Pull-Planning"-teknikk

- Lage milepæler, sett en ferdigstillelse dato og planlegg bakfra
- Legge til aktiviteter med å bruk post-it lapper som har ulik farge for hvert fag
- Post-it lappene skal inneholde en kortfattet beskrivelse av aktiviteten
- Vurdere hindringer/begrensninger
- Vurder om aktiviteten er sunn for å se om aktiviteten kan gjennomføres
- Starte på de ulike aktivitetene basert på den faktiske tilgjengeligheten til ressursene



Figur 56: Post-it lapper i "pull-planning"



Figur 57: Utarbeidelse av plan med "pull-planning"-teknikk (Fauchier, 2013)

Fordeler med "Pull-Planning"

- Gjør planleggingsprosessen transparent og effektiv
- Involverer deltakerne og fører til mer engasjement og eierskap til planene
- Skaper forståelse for avhengighetene mellom aktørene
- "Pull-planning" som blir utført i iRoom skaper et miljø med god kommunikasjon og et godt samarbeid
- Lettere å identifisere begrensninger som kan forhindre deltakere fra å ikke fullføre det som er planlagt
- Prosess som forbereder deltakerne på å gi pålitelige løfter → Øker reliabiliteten til planene
- Ved å benytte Last Planner System (LPS) kan prosjekteringsteamet redusere sløsing i designet og dermed øke verdien (Ballard & Howell, 2003)

Årsak- virkningsanalyse til ikke-utførte oppgaver

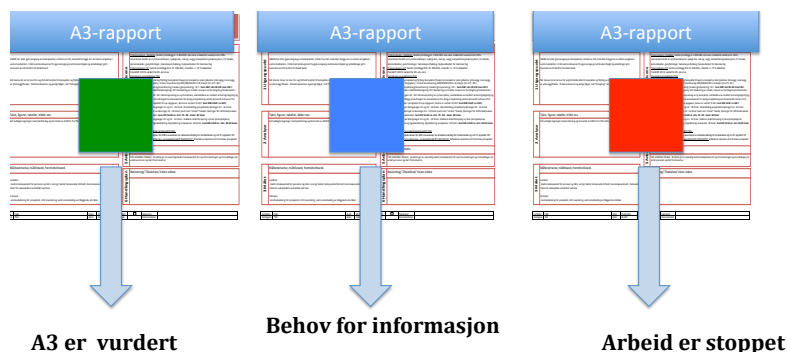
Basert på registreringene av PPU kan en årsak-virkningsanalyse gjennomføres som et verktøy for å oppnå kontinuerlig forbedring (Ballard & Howell, 2004). Formålet er å komme til bunns i hvorfor arbeidsoppgaven ikke ble utført, noe som kan gjennomføres med 5 Why-analysen som går ut på å spørre 'Hvorfor?' aktiviteten ikke ble gjennomført 5 ganger. 5 Why-analysen er en effektiv og enkel måte å gjøre deltakere klar over hva som egentlig var årsaken til feil, samtidig som metoden krever lite tid og ressurser.



A3-rapport som et beslutningsverktøy i prosjekteringsprosessen

En A3-rapport er en ensides rapport utarbeidet på et enkelt A3-ark (Institute, L.C, 2014). Hensikten med en A3-rapport er å fremstille all nødvendig informasjon slik at teamet enkelt og effektivt kan vurdere de ulike løsningene og komme frem til en løsning i konsensus.

Man kan benytte post-it lapper for å vise status på utarbeidelsen av A3-rapportene og henge de opp på en vegg i iRoom hvor ICE-møtene finner sted. Grønn post-it lapp indikerer at A3-rapporten er ferdig vurdert, blå-lapp indikerer at det er behov for mer informasjon for å fortsette arbeidet med A3-rapporten, og rød betyr at arbeidet på A3-rapporten er stoppet. Dette kan gjøre det oversiktlig for deltakere og se hva som gjenstår som må gjøres underveis i de felles møtene.



Hva kan man oppnå med å implementere Lean og VDC i et BIM-prosjekt?

En av de viktigste forutsetningene for en vellykket bruk av BIM, er et tidlig engasjement av sentrale aktører. Lean og VDC fokuserer på en tidlig involvering av relevante aktører som bidrar med kunnskap gjennom den samlokaliserte prosjekteringen. En tidlig involvering av aktørene kan gjøre det enklere for alle å få et felles syn på prosjektets mål og dermed samarbeide om å nå disse målene. I tillegg legger det til rette for en god utnyttelse av BIM hvor bruksområdene er definert tidlig.

- God kommunikasjon
- Mer fokus på å finne løsninger, og mindre fokus på å forsvare eget arbeid
- Tidlig involvering fører til bedre samarbeidsklima i prosjekteringsgruppen
- Bedre kontroll over underlaget og hva som blir prosjektert i BIM
- Riktig detaljeringsnivå på BIM-modeller og en vellykket bruk av BIM
- Større samtidighet gjennom tettere tverrfaglig samarbeid (prosjekteringen blir mindre sekvensiell)
- Inkluderende arbeidsmetode
- Alle aktører kan lettere lære og videreføre kompetanse
- Kan utvikle design som gir bygget en bedre miljøprestasjon
- Høy kvalitet på prosjekteringen (færre feil)
- Effektiv prosjektering med bedre flyt (spare tid og penger)
- Lettere å løse problemer på tidlig stadiet, slik at det ikke blir en konflikt
- God kontroll og oppfølging over arbeid som blir gjennomført

Vedlegg F – Informasjonsskriv om masteroppgaven

Forespørsel om deltakelse i undersøkelse

”Prosjekteringsledelse i BIM-prosjekt”

Bakgrunn og formål

Beskrivelse av oppgaven: Hvilke krav stilles til ledere av en prosjekteringsgruppe i BIM-prosjekt. Hvordan kan prosjekteringsprosessen bli effektivisert ved implementering av Lean Construction og Virtual Design and Construction (VDC) i slike BIM-prosjekt.

Problemstilling: *Hvordan kan en implementering av Lean og VDC bidra til at BIM-prosjekt får en mer effektiv prosjekteringsledelse?*

Mål for masteroppgaven: Identifisere hvordan prosjekteringsprosessen blir gjennomført i BIM-prosjekt i AF Gruppen. Vurdere mulighetene for en mer effektiv prosjekteringsledelse med å implementere Lean og VDC i BIM-prosjekt.

Utvalg: Ansatte i AF og deltakere i prosjekteringsgruppen i Sørenga Bt. 7 og 8

Hva innebærer deltakelse i studien?

Deltakelsen gjelder å svare på en kort spørreundersøkelse som er laget for å kartlegge i hvor stor grad BIM-modellen blir brukt og hvilken verdi deltakerne mener bruk av BIM har for deres arbeid.

De deltakerne som i tillegg samtykker til å delta i intervju får spørsmål som omhandler gjennomføring av prosjekteringsprosessen i et BIM-prosjekt i AF gruppen, og personlige erfaringer med denne gjennomføringen. Intervjuene vil tas opp, og transkriberes i ettertid slik at det lar seg gjøre å behandle all den dataen som blir gitt.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Alle personopplysninger vil bli behandlet konfidensielt. Ingen personopplysninger andre enn navn på kandidatene skal oppgis. I resultatet av casestudiet vil det ikke bli brukt navn.

Undersøkelsen skal etter planen avsluttes innen 24.04.2015
Prosjektet/masteroppgave skal etter planen avsluttes 10.06.2015
Etter at intervjuene er transkribert vil lydopptakene bli slettet, og spørreundersøkelsene vil bli kastet.

Frivillig

deltakelse

Det er frivillig å delta i studien, og du kan når som helst trekke ditt samtykke uten å oppgi noen grunn. Dersom du trekker deg, vil alle opplysninger du gav bli anonymisert.

Dersom du har spørsmål til studien, ta kontakt med:
Student: Trine Lene Austrøne Olsen
Tlf: 97721763
Email: trinela@gmail.com

Veileder ved NTNU: Olav Torp
Email: olav.torp@ntnu.no

Studien er meldt til Personvernombudet for forskning, Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS.

Samtykke til deltakelse i studien

Jeg har mottatt informasjon om studien, og er villig til å delta

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

- Jeg samtykker til å delta i intervju*
- Jeg samtykker til delta i spørreundersøkelse*
- Jeg samtykker til at personopplysninger kan publiseres/ lagres etter prosjektslutt*

Vedlegg G – Kvittering meldeskjema

Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS

NORWEGIAN SOCIAL SCIENCE DATA SERVICES



Harald Hårfagres gate 29
N-5007 Bergen
Norway
Tel: +47-55 58 21 17
Fax: +47-55 58 96 50
nsd@nsd.uib.no
www.nsd.uib.no
Org.nr. 985 321 884

Olav Torp
Institutt for bygg, anlegg og transport NTNU

7491 TRONDHEIM

Vår dato: 23.03.2015

Vår ref: 42446 / 3 / LMR

Deres dato:

Deres ref:

TILBAKEMELDING PÅ MELDING OM BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 24.02.2015. Meldingen gjelder prosjektet:

42446	Prosjekteringsledelse i BIM-prosjekt
Behandlingsansvarlig	NTNU, ved institusjonens øverste leder
Daglig ansvarlig	Olav Torp
Student	Trine Lene Austrøne Olsen

Personvernombudet har vurdert prosjektet og finner at behandlingen av personopplysninger er meldepliktig i henhold til personopplysningsloven § 31. Behandlingen tilfredsstiller kravene i personopplysningsloven.

Personvernombudets vurdering forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeskjemaet, korrespondanse med ombudet, ombudets kommentarer samt personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema, <http://www.nsd.uib.no/personvern/meldeplikt/skjema.html>. Det skal også gis melding etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en offentlig database, <http://pvo.nsd.no/prosjekt>.

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 20.04.2015, rette en henvendelse angående status for behandlingen av personopplysninger.

Vennlig hilsen

Katrine Utaaker Segadal

Linn-Merethe Rød

Kontaktperson: Linn-Merethe Rød tlf: 55 58 89 11

Vedlegg: Prosjektvurdering

Dokumentet er elektronisk produsert og godkjent ved NSDs rutiner for elektronisk godkjenning.

Avdelingskontorer / District Offices:

OSLO: NSD, Universitetet i Oslo, Postboks 1055 Blindern, 0316 Oslo. Tel: +47-22 85 52 11. nsd@uio.no
TRONDHEIM: NSD, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7491 Trondheim. Tel: +47-73 59 19 07. kyrre.svarva@svt.ntnu.no
TROMSØ: NSD, SVF, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø. Tel: +47-77 64 43 36. nsdmaa@svt.uit.no



Utvalget informeres skriftlig om prosjektet og samtykker til deltakelse. Informasjonsskrivet er godt utformet.

Personvernombudet legger til grunn at forsker etterfølger NTNU sine interne rutiner for datasikkerhet. Dersom personopplysninger skal sendes elektronisk eller lagres på privat pc /mobile enheter, bør opplysningene krypteres tilstrekkelig.

Forventet prosjektslutt er 20.04.2015. Ifølge prosjektmeldingen skal innsamlede opplysninger da anonymiseres. Anonymisering innebærer å bearbeide datamaterialet slik at ingen enkeltpersoner kan gjenkjennes. Det gjøres ved å:

- slette direkte personopplysninger (som navn/koblingsnøkkel)
- slette/omskrive indirekte personopplysninger (identifiserende sammenstilling av bakgrunnsopplysninger som f.eks. bosted/arbeidssted, alder og kjønn)
- slette lydoptak.

Create your own
FREE ONLINE SURVEY

Prosjekteringsledelse i BIM-prosjekt

Beskrivelse av oppgaven

Identifisere hvordan prosjekteringsfasen blir gjennomført i BIM-prosjekt i AF Gruppen. Vurdere mulighetene for en mer effektiv prosjekteringsledelse med å implementere Lean og VDC i BIM-prosjekt.

Gjennomføring

Svar på påstandene på basis av hva dere opplever i prosjekteringsfasen i prosjekt

1 Hva er din rolle?

- Prosjekterende i AF
- Prosjekteringsleder
- BIM-koordinator
- Arkitekt
- RIB
- RIE
- RIV
- Annen rådgivende ingeniør

[remove answer](#)

2 Hvor aktivt bruker du BIM-modellen i ditt arbeid?

- Bruker egen modell
- Bruker andres fagmodell
- Bruker sammenstillt/ felles modell

3 Jeg syntes det er enklere å jobbe med en 3D-modell enn en 2D-tegning

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral

- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

4 Jeg syntes BIM-modellen har en god visuell effekt

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

5 Jeg tror det er mulig å utnytte bruk av BIM i prosjekt enda bedre

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

6 Jeg syntes alle i prosjekteringsgruppen tar ansvar for å utvikle BIM-modellen

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

7 Jeg tror at prosjekteringsfasen kunne blitt mer effektiv hvis vi hadde samarbeidet og utviklet BIM-modellen i felles prosjekteringsmøter

- Helt uenig
- Uenig

- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

8 BIM modellen hjelper med koordinering av fagene

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

9 BIM modellen hjelper med prosjekteringsunderlaget

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

10 BIM modellen hjelper med å forbedre kommunikasjonen i prosjekteringsgruppen

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

11 BIM-modellen forbedrer det tverrfaglige samarbeidet

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig

Ikke relevant

12 BIM har stor verdi for utarbeidelse av fremdriftsplanen

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

13 BIM har stor verdi for informasjonsutvekslingen blant deltakerne i prosjekteringsgruppen

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

14 BIM-modellen er et godt hjelpemiddel for å ta beslutninger

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

15 BIM-modellen hjelper med å redusere tidsbruken i prosjekteringsfasen

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

16 BIM-modellen hjelper oss med å løse tekniske utfordringer

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant

17 BIM- modellen har stor verdi for egen læring

- Helt uenig
- Uenig
- Nøytral
- Enig
- Helt enig
- Ikke relevant


Finish Survey

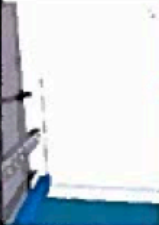



[Report Abuse](#) [Free Online Surveys](#)









Vedlegg I – Eksempel på mal for A3-rapport








MAL A3-rapport			
I. Bakgrunn -Hva er bakgrunnen for tiltaket? Hva skal gjøres?	V. Alternativsvurdering -Sett opp de ulike alternativene og beskriv fremtidsfordelene med hvert alternativ -Vurder om alternativer kan oppfylle målene -Se på hvilket alternativ som er mest effektivt -Sette opp pris konsekvens og konsekvensene for fremdriftsplanen -Anbefale hvilket alternativ som skal velges		
	VI. Handlingsplan -Hva skal gjennomføres? -Hver er ansvarlig for hva og når? -Før aktivitetene i planen		
II. Gjeldende forhold -Presenter med tekst, figurer, tabeller, grafer etc.			
III. Mål -Hvilke spesifikke resultater kreves?			
IV. Analyse -Årsaken og virkningen -Velg analyseverktøy			
VII. Oppfølging -Hvilke problemer kan oppstå? -Kontroller og gjør tiltak om nødvendig -Lær av erfaringer og del kompetansen			
Forfatter:	Dato:	Godkjent	Signatur:
Deltakere:	A3 nr:	Revisjon	Kommentar:

Vedlegg J - Kollisjonsrapport fra BIM-møte 18.03.2015

18032015	
	AF GRUPPEN
Finavn	Sammensatt 16032015
Utført av	inge.handagard
Organisasjon	AF Gruppen
Utskriftsdato	March 17, 2015
RIB - 16032015	Date: 2015-03-16 14:47:49 Application: Tekla Structures IFC: IFC2X3
13_B77_ifc - 16032015	Date: 2015-03-16 11:42:24 Application: ArchiCAD-64 IFC: IFC2X3
18_B78_ifc - 16032015	Date: 2015-03-16 11:47:57 Application: ArchiCAD-64 IFC: IFC2X3
Ventilasjon Sereng	Date: 2015-03-16 12:45:17 Application: MagiCAD For Revit 2014.4 IFC: IFC2X3
Rør Serenga BT7-8	Date: 2015-03-16 12:03:23 Application: MagiCAD For Revit 2014.4 IFC: IFC2X3
RIE BT7 - 16032015	Date: 2015-03-16 14:08:43 Application: DDS-CAD IFC: IFC2X3
RIE BT8 - 16032015	Date: 2015-03-16 14:12:27 Application: DDS-CAD IFC: IFC2X3

18032015									
ID	Lokasjon	Dato	Bilde	Kommentar	Tildekt ansvar	Påkrevd Handling	Frist	Tilbak utført	Status
286	(BT7-ARK) Plan K2 (BT7-RIE) Plan K2, (RIV) Plan K2	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Dør i konflikt med ventilasjon og el	RIVv/RIE	18.03	2 uker		Open
287		17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Sprinkkel i konflikt med dør	RIVr	18.03	2 uker		Open
288	(BT7-ARK) Plan K1	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Ventilasjon i konflikt med isolasjon	RIVv	18.03	2 uker		Open
289	(RIVv) Plan K1, (BT7-ARK) Plan K1, (RIVr) Plan K1	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Er denne utsparingen OK?	RIB/RIV	18.03	2 uker		Open

290	(S17-RIE) Plan 4, (S17-ARIK) Plan 4	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Lampepunkt i konflikt med dør	RIE	18.03:	2 uker	Øppn
291		17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Oversikt konflikter med RIB-bjelker	RIV/RIE	18.03:	2 uker	Øppn
292		17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Enkelte konflikter mellom tekniske og RIB-søyler	RIV	18.03:	2 uker	Øppn
293	(RIB) RIB - 09022015	10-Feb-2015		IH, Mar 17, 2015: Oversikt enkelte konflikter tekniske/RIE	RIV/RIE	18.03:	2 uker	Øppn
				IH, Feb 10, 2015: Flere konflikter med RIB-bjelker	RIV/RIE	18.03:		
294		17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Oversikt, tekniske føringer og RIB-vegger	RIV/RIE/RIB	18.03:	2 uker	Øppn
295	(RIB) RIB - 16032015 (RIV) Plan 1, (RIM) Plan K1	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Er dekket her avklart? Flere tekniske føringer i konflikt med betong	RIV/RIE	18.03:	2 uker	Øppn
296		17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Konflikt mellom ventilasjonskanaler - påvirker høyde på utsparinger?	RIV	18.03:	2 uker	Øppn

297	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Oversikt konflikter mellom vent og rør	RIV/RIVV	18.03:	2 uker	Åpen
298	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Oversikt konflikter internt i rør-modell	RIVr	18.03:	2 uker	Åpen
299	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Mangler utsporing	RIV	18.03:	2 uker	Åpen
300	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Avlep i konflikt med vannrør	RIVr	18.03:	2 uker	Åpen
301	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: RIE i konflikt med Rør enkelte steder	RIVv/RIE	18.03:	2 uker	Åpen
302	3-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: RIE i konflikt med ventilasjon flere steder	RIVv/RIE	18.03:	2 uker	Åpen
303	17-Mar-2015		IH, Mar 17, 2015: Oversikt, dører og vinduer i konflikt med RIB elementer	ARK/RIB	18.03:	2 uker	Åpen