

# Virtual Design and Construction i prosjekteringsprosessen

Videreutvikling og forbedring

**Hege Husby**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Olav Torp, IBM

Medveileder: Jan Roger Kråkmo, Skanska

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg- og miljøteknikk





Oppgavens tittel: Virtual Design and Construction i prosjekteringsprosessen – Videreutvikling og forbedring	Dato: 11.06.2017		
	Antall sider (inkl. bilag): 172		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Hege Husby			
Faglærer/veileder: Olav Torp – Førstemanuensis v/ Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Jan Roger Kråkmo, Skanska Bygg Trondheim			

Ekstrakt:

I en tid hvor byggekostnadene bare øker og øker, og effektiviteten synker, er det viktig å gjennomføre tiltak for å øke effektiviteten og senke kostnadene. Skanska har valgt å satse på konseptet Virtual Design and Construction (VDC) som er et rammeverk for utforming, planlegging og gjennomføring av byggeprosjekter. Ved å benytte virtuelle hjelpemidler, metoder og verktøy skal VDC effektivisere prosjektarbeidet og redusere unødvendig arbeid.

Hensikten med denne oppgaven er å videreutvikle og forbedre gjennomføringen av Virtual Design and Construction (VDC) i prosjekteringsprosessen. Studien fokuserer på gjennomføring, forbedringspotensial og effekt av VDC-metodikk i detaljprosjekteringsfasen.

Rammeverket VDC stammer fra forskning ved Center of Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University. VDC er et levende konsept, under kontinuerlig forbedring og tilpasning, både når det gjelder mellom ulike bedrifter, type prosjekt og i hvilken fase man er i. VDC-metodikken bygger på Lean-prinsipper og kan brukes i alle fasene av Lean Project Delivery System (LPDS). CIFE knytter VDC til fire hovedelementer: *Integrated Concurrent Engineering (ICE), BIM, planlegging og kontroll av prosess og produksjon, og målinger*. Skanska har valgt å dele sin VDC-modell inn i tre hovedelementer: *Involverende planlegging, BIM og ICE*.

Stikkord:

- |                                    |
|------------------------------------|
| 1. Virtual Design and Construction |
| 2. Prosjekteringsprosess           |
| 3. Lean                            |
| 4. ICE                             |

Hege Husby

Hege Husby



# Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, NTNU. Oppgaven er et resultat av selvstendig arbeid over 21 uker våren 2017 og tilsvarer 30 studiepoeng.

Valg av tema i denne masteroppgaven er gjort i samarbeid med Skanska Bygg Trondheim som jeg har hatt sommerjobb hos de siste tre årene. I november 2016 deltok jeg som observatør i innføringen av Virtual Design and Construction (VDC) i detaljprosjekteringen av et av Skanska sine boligprosjekt. Dette var for meg veldig interessant og jeg bestemte meg fort at dette var et tema jeg ønsket å skrive om.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder fra Skanska Bygg Trondheim, Jan Roger Kråkmo, for nyttig informasjon om VDC og innspill underveis i masteroppgaven. Det rettes også en stor takk til alle kontaktpersonene fra Skanska Bygg Trondheim, som har investert tid og delt sin kunnskap med meg. Det har vært veldig lærerikt og spennende tema å utdype seg i, og det har gitt meg et stort innblikk i både prosjekteringsfasen og VDC-metodikken.

Til slutt ønsker jeg å takke veilederen min ved NTNU, Olav Torp, for nyttige innspill om struktur og innhold.

Trondheim 11.juni 2017

Hege Husby

---

Hege Husby



# Sammendrag

I en tid hvor byggekostnadene bare øker og øker, og effektiviteten synker, er det viktig å gjennomføre tiltak for å øke effektiviteten og senke kostnadene. Skanska har valgt å satse på konseptet Virtual Design and Construction (VDC) som er et rammeverk for utforming, planlegging og gjennomføring av byggeprosjekter. Ved å benytte virtuelle hjelpemidler, metoder og verktøy skal VDC effektivisere prosjektarbeidet og redusere unødvendig arbeid.

Hensikten med denne oppgaven er å videreutvikle og forbedre gjennomføringen av Virtual Design and Construction (VDC) i prosjekteringsprosessen. Studien fokuserer på gjennomføring, forbedringspotensial og effekt av VDC-metodikk i detaljprosjekteringsfasen. Skanska er i en prosess for å skape helhetlige VDC-metodikk, løfte VDC satsingen høyere i systemet, standardisere VDC som et endringsinitiativ og kurse hele organisasjonen i dette. Denne masteroppgaven skal gi bidrag inn i denne prosessen.

Masteroppgaven utføres som en kvalitativ casestudie ved to av Skanska Bygg Trondheim sine VDC-prosjekter. Det er gjennomført en omfattende litteraturstudie for å samle inn relevant data som danner grunnlaget for teorikapitlet i oppgaven. Empirisk data er samlet inn i form av direkte observasjon, intervju og dokumentanalyse.

Rammeverket VDC stammer fra forskning ved Center of Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University. VDC er et levende konsept, under kontinuerlig forbedring og tilpasning, både når det gjelder mellom ulike bedrifter, type prosjekt og i hvilken fase man er i. VDC-metodikken bygger på Lean-prinsipper og kan brukes i alle fasene av Lean Project Delivery System (LPDS). CIFE knytter VDC til fire hovedelementer:

1. Integrated Concurrent Engineering (ICE)
2. Bygningsinformasjonsmodellering (BIM)
3. Planlegging og kontroll av prosess og produksjon
4. Målinger

Skanska har valgt å dele sin VDC-modell inn i tre hovedelementer:

1. Involverende Planlegging
2. Bygningsinformasjonsmodellering (BIM)
3. Integrated Concurrent Engineering (ICE)

VDC-prosjektene i casestudiet har implementert VDC-metoder- og verktøy som Big Room, bakoverplanlegging, plansjekk, ICE-møter, målinger og BIM. Funnene viser at det er et bra fokus på involverende planlegging i form av bakoverplanlegging og plansjekk, men at gjennomføring av ICE-møter og utarbeidelse av en tydelig, konkret og målbar ICE-agenda er nedprioritert.

Målinger som gjennomføres i VDC-prosjektene er PPU, definering av rotårsaker, pluss/delta-analyse og evaluering av ICE-møtet. Hovedbruksområdene til BIM-modellen i prosjekteringsprosessen er kvalitetssikring (intern-, tverrfaglig- og kollisjonskontroller) og visualisering av 3D-modellen i møter.

Funn fra casestudiet viser at det er stor positivitet rundt bruk av VDC-prinsipper. Prosjekteringsgruppen er interessert i å lære mer og er spente på å se den langsiktige effekten på prosjekteringsprosessen. Det er for tidlig å konkludere med at alle effektene er en direkte konsekvens av VDC-metodikk. Dette skyldes at prosjektene er i en innkjøringsfase når det gjelder VDC-implementeringen og det er på mange punkter usikkerhet rundt hva som er person- og prosjektavhengig og hva som er et resultat av VDC. Funnene i denne studien kan allikevel bidra med å gi en pekepinn på hva som har fungert bra og hva som må forbedres i den videre VDC-implementeringen. VDC ser ut til å ha ført til bedre samarbeidsklima, samspill og tverrfaglig oversikt. I tillegg til at kritiske aktiviteter løftes opp tidligere, at de har bedre underlag for å gjennomføre prosjekteringsarbeidet og et større eierskap til prosjektet.

Studien resulterer i en rekke anbefalinger til forbedring ved gjennomføring av et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen. Mange av disse anbefalingene går på selve forståelsen av hva som ligger i VDC-begreper som involverende planlegging og ICE, for å sikre en grunnleggende forståelse av VDC-metodikk blant aktørene i prosjekteringsgruppen. Anbefalingene som er knyttet til involverende planlegging omhandler blant annet å få alle aktivitetene opp på planen slik at de ikke er spredt utover mange type dokumenter og plattformer. Aktivitetene må ha riktig størrelse og komme i rett rekkefølge i faseplanen. Anbefalingene knyttet til ICE går blant annet på å effektivisere gjennomføringen av møter i form av en konkret ICE-agenda med små aktiviteter, og en best mulig utnyttelse av samlokaliseringen og de tekniske verktøyene. Anbefalingene som er knyttet til målinger går blant annet på å effektivisere selve gjennomføringen av målingene, i tillegg til å bedre utnytte seg av målingene i form av kontinuerlig forbedring. Anbefalingene som er knyttet til BIM går på å standardisere arbeidet for å sikre at kvalitetskontroll av BIM-modellen gjennomføres. I tillegg til tiltak for bedre utnytting av visualisering og bruk av BIM-modellen.



# Summary

At a time when construction costs are constantly increasing and efficiency is declining, it is crucial to put measures into effect that help increase the efficiency and lower costs. Skanska has decided to implement the concept of Virtual Design and Construction (VDC), which is a framework for design development, planning and construction. By using virtual tools and methods the goal is to improve project efficiency and to reduce waste.

The purpose of this master`s thesis is to further develop and improve the process of execution of Virtual Design and Construction (VDC) during the design process. The study focuses on the process, improvement potential and the effect of VDC methods in the design process. The result of this study is a contribution to Skanska, which is in the process of developing a comprehensive VDC methodology, standardizing VDC as a change initiative and teaching VDC to the entire organization.

The master`s thesis is conducted as a qualitative case study executed at two projects in Skanska Bygg Trondheim. A comprehensive literature study has been conducted to collect relevant data that form the basis of the theory chapter in the assignment. Empirical data is collected in the form of direct observation, interview and document analysis.

The VDC framework is a result of research over the past two decades at the Center of Integrated Facility Engineering (CIFE) at Stanford University. The VDC-methods is under continuous improvement and adaptation, both in terms of different companies, type of projects, and the project phase. The VDC methodology is based on Lean principles and can be applied to each of the phases identified by the Lean Project Delivery System (LPDS). CIFE associate VDC with four main elements:

1. Integrated concurrent engineering (ICE)
2. Building Information Modelling (BIM)
3. Process/production Planning and Control
4. Metrics

Skanska has chosen to divide the VDC-model into three main elements:

1. "Involverende planlegging" (eng: Last Planner System)
2. Building Information Modelling (BIM)
3. Integrated concurrent engineering (ICE)

The VDC projects in this case study have implemented VDC methods and tools such as Big Room, pull planning, schedule check, ICE meetings, metrics and BIM. The results of the case study show that implementing the Last Planner System has been successful, but the execution

of ICE meetings and the preparation of a clear, concrete and measurable ICE agenda, has been given less priority. Metrics carried out in the VDC projects in the case study are PPC (Planned Percent Completed), root cause analysis, plus/delta analysis and evaluation of the ICE meeting. The main purpose of the BIM model in the design process is quality control (clash detection) and visualization of the 3D-model in meetings.

Findings of the case study show a great positivity among the people in the design group regarding the use of the VDC principles. The design group are interested in learning more and are excited to see the long-term impact on the design process. The effects revealed in this study are based on the experiences of the interviewees from the VDC projects in the case study and it is too early to conclude that all effects are a direct consequence of VDC methods. The reason is that because the VDC implementation in the projects are in a run-in phase and therefore many uncertainties about which effects are personal and project-depended and which effects are a result of the VDC implementation. However, the findings in this study may help understand which elements has been successful and which elements needs to be improved in the further development of the VDC implementation. Most interviewees agree that VDC has led to a better cooperation, interaction and interdisciplinary overview. In addition, interviewees experienced that critical activities are being lifted earlier and they have an increased understanding of design work and take greater ownership of the project.

The findings in this study results in a number of recommendations for improvement in a VDC-project during the design process. Many of these recommendations relate to the actual understanding of the VDC concepts such as Last Planner System and ICE, and to ensure a basic understanding of VDC methodologies among the stakeholders in the design group. The recommendations associated with the Last Planner System include getting all the activities on the planning phase so that they are not spread over many different documents and platforms. The activities must have the correct size and sequence in the planning phase. The recommendations related to ICE include, among other things, to streamline the execution of ICE meetings in the form of a concrete ICE agenda with small activities. The recommendation also ensures the best possible utilization of co-location and the technical tools. The recommendations related to metrics are, among other things, to streamline the actual implementation of the metrics, in addition to making better use of the measurements in the form of continuous improvement. The recommendations associated with BIM are standardizing the work to ensure that quality control is carried out. In addition to measures for better utilization of visualization and use of the BIM.

# Innhold

<b>Forord .....</b>	<b>i</b>
<b>Sammendrag .....</b>	<b>iii</b>
<b>Summary .....</b>	<b>v</b>
<b>Innhold .....</b>	<b>vii</b>
<b>Figurliste.....</b>	<b>xi</b>
<b>KAPITTEL 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Innledning.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrunn .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Oppgaven .....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Beskrivelse.....	3
1.1.2 Formål og forskningsspørsmål .....	3
<b>1.3 Omfang og avgrensning .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Komposisjon .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Begrepsavklaring.....</b>	<b>5</b>
<b>KAPITTEL 2.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Metode .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Oppbygging av metodekapittelet.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Vitenskapsteori.....</b>	<b>9</b>
2.2.1 Induktiv og deduktiv forskning.....	9
<b>2.3 Forskningsdesign.....</b>	<b>10</b>
2.3.1 Ekstensivt og intensivt design .....	10

2.3.2	Kvalitativ og kvantitativ metode .....	10
2.3.3	Hoveddesign .....	11
2.3.4	Tidsperspektiv .....	12
<b>2.4</b>	<b>Datainnsamling (empiri) - primærdata .....</b>	<b>13</b>
2.4.1	Valg av metode for datainnsamling .....	13
2.4.2	Intervju .....	14
2.4.3	Direkte (deltagende) observasjon .....	16
2.4.4	Dokumentanalyse.....	18
<b>2.5</b>	<b>Datainnsamling (litteratursøk) – sekundærdata.....</b>	<b>20</b>
2.5.1	Databaser og søkemotorer.....	20
2.4.2.	Søketeknikk .....	21
2.4.3.	Kildekritikk.....	21
2.4.4.	Søkets oppbygning og søkestrategi .....	22
2.4.5.	Litteratursøk og søkematrise .....	23
<b>2.6</b>	<b>Dataanalyse .....</b>	<b>24</b>
<b>2.7</b>	<b>Metodekvalitet .....</b>	<b>25</b>
2.7.1	Troverdigheten til teorikapittelet.....	25
2.7.2	Troverdigheten til resultatkapitelet .....	25
2.7.3	Troverdigheten til drøftingen.....	26
<b>2.8</b>	<b>Oppsummering .....</b>	<b>27</b>
<b>KAPITTEL 3</b>	<b>.....</b>	<b>29</b>
<b>3.</b>	<b>Teori .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Prosjekteringsprosessen .....</b>	<b>30</b>
3.1.1	Byggeprosessen.....	30

3.1.2	Prosjekteringsprosessen.....	31
3.1.3	Integrert prosjektering .....	31
3.1.4	Utfordringer i prosjekteringsprosessen .....	32
<b>3.2</b>	<b>Lean.....</b>	<b>34</b>
3.2.1	Toyota Production System (TPS) .....	34
3.2.2	Lean Production .....	34
3.2.3	Lean Construction.....	36
3.2.4	Lean Project Delivery System (LPDS).....	37
3.2.5	Last Planner System (LPS).....	39
<b>3.3</b>	<b>Virtual Design and Construction.....</b>	<b>45</b>
3.3.1	Introduksjon til VDC .....	45
3.3.2	Hovedelementer i VDC .....	49
<b>KAPITTEL 4.....</b>		<b>57</b>
<b>4.</b>	<b>Resultater.....</b>	<b>57</b>
<b>4.1</b>	<b>Dokumentanalyse .....</b>	<b>58</b>
4.1.1	Implementering av VDC i prosjekteringsfasen .....	58
4.1.2	Involverende planlegging - bakoverplanlegging .....	61
4.1.3	Involverende planlegging - plansjekk.....	64
4.1.4	ICE-møter.....	65
4.1.5	Målinger .....	67
4.1.6	BIM .....	68
<b>4.2</b>	<b>Casestudie – Strinda Hageby og Powerhouse Brattørkaia .....</b>	<b>73</b>
4.2.1	Beskrivelse av prosjektene .....	73
4.2.2	Utfordringer i prosjekteringsfasen .....	75

4.2.3	Involverende planlegging (bakoverplanlegging og plansjekk) .....	77
4.2.4	Integrated Concurrent Engineering (ICE) .....	81
4.2.5	Målinger .....	86
4.2.6	BIM .....	88
4.2.7	Effekt av VDC i prosjekteringsfasen .....	91
<b>KAPITTEL 5 .....</b>		<b>99</b>
<b>5.</b>	<b>Drøfting .....</b>	<b>99</b>
<b>5.1</b>	<b>Gjennomføring og forbedringspotensial i et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen..</b>	<b>100</b>
5.1.1	VDC-begrepet .....	100
5.1.2	Involverende planlegging .....	100
5.1.3	Integrated Concurrent Engineering (ICE) .....	105
5.1.4	Målinger .....	112
5.1.5	BIM .....	114
5.1.6	Oppsummering av forbedringspotensial.....	119
<b>5.2</b>	<b>Effekt av VDC i prosjekteringsfasen .....</b>	<b>123</b>
5.2.1	Opplevd effekt av VDC i casestudiet .....	123
5.2.2	Effekt av VDC på bakgrunn av utfordringer i prosjekteringsfasen .....	126
5.2.3	Effekt av VDC opp mot teori.....	127
<b>KAPITTEL 6 .....</b>		<b>129</b>
<b>6.</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>129</b>
<b>6.1</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>130</b>
<b>6.2</b>	<b>Veien videre.....</b>	<b>131</b>
<b>7.</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>133</b>
<b>8.</b>	<b>Vedlegg .....</b>	<b>139</b>

# Figurliste

Figur 1: Utvikling i timeverksproduktiviteten, 2000-2011 (Det Kongelige Kommunal- og Regionaldepartement, 2012).....	2
Figur 2: Forskningsløk (Saunders et al., 2009) .....	8
Figur 3: Vitenskapssirkelen Ringdal (2001) .....	9
Figur 4: Booleske operatører (VIKO, 2011) .....	21
Figur 5: Søkestrategi for litteratursøket.....	23
Figur 6: Forskningsmetode- og strategi .....	27
Figur 7: Byggeprosess fra idé til utrangering (Meland, 2000).....	30
Figur 8: MacLeany-kruven (Arge et al., 2010).....	32
Figur 9: Toyota Way modell (Liker, 2004).....	35
Figur 10: Lean Project Delivery System (LPDS) (Ballard, 2000).....	38
Figur 11: The Last Planner System (Ballard, 2000).....	41
Figur 12: Plannivåene i LPS (Forbes og Ahmed, 2010).....	42
Figur 13: Beskrivelse av produkt- prosess og organisasjonsmodell Fischer (2005) .....	46
Figur 14: iRoom med tre skjermer som viser to ulike deler av 3D-modellen og framdriftsplanen (Fischer, 2005). .....	48
Figur 15: iRoom ((Fischer, 2005),(Liston et al., 2000)).....	49
Figur 16: VDC for Reliable Project Execution (Fischer, 2011) .....	50
Figur 17: Ulike grader av parallell prosjektering .....	52
Figur 18: Gjennomføring av ICE-samling i Veidekke (Venås og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, 2011). .....	52
Figur 19: Plassering av BIM i POP-modellen (Tjell, 2010) .....	54
Figur 20: Skanska Norges VDC-modell.....	59

Figur 21: Syv forutsetninger for en sunn aktivitet med fokus på prosjekteringsfasen .....	62
Figur 22: Bilde til venstre viser ”blåplan” i fase 1 av involverende planlegging og bilde til høre viser fase 2 med ferdig utført framdriftsplan. ....	62
Figur 23: Eksempel på sammenhenger av leveranser i involverende planlegging.....	63
Figur 24: Spørsmålsmatrise .....	64
Figur 25: Mal for registrering av godkjente leveranser og rotårsaker .....	67
Figur 26: Evaluering av ICE-møter.....	68
Figur 27: Prosessen for kvalitetssikring av BIM-modellen .....	71
Figur 28: Strinda Hageby (Hageby) .....	73
Figur 29: Powerhouse Brattørkaia (Powerhouse, 2017).....	75
Figur 30: VDC-modell Kruse Smith                      Figur 31: VDC-modell NCC.....	145
Figur 32: Faktorer som muliggjør effektiv ICE ((Chachere et al., 2004), (Olsen et al., 2015) ..	148
Figur 33: Agenda for ICE-møte til Veidekke (Venås og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, 2011) .....	150

## Tabelliste

Tabell 1: Komposisjon av masteroppgaven .....	4
Tabell 2: Sammenligning mellom kvalitativ og kvantitativ metode (Olsson et al., 2003) .....	11
Tabell 3: Forskningsstrategien benyttet til de ulike forskningsspørsmålene .....	14
Tabell 4: Intervjuobjekter .....	16
Tabell 5: Direkte (deltagende) observasjon på VDC-prosjektene i casestudiet .....	18
Tabell 6: Interne dokumenter som analyseres i studien.....	19
Tabell 7: Kriterier for kildekritikk (VIKO, 2010) .....	22
Tabell 8: Søkematrise for litteratursøket .....	23
Tabell 9: Forskjell mellom Last Planner System og tradisjonell praksis (Ballard, 2014) .....	40



Tabell 10: Verktøy og teknikker i VDC basert på Kunz og Fischer (2009).....	46
Tabell 11: Fem nivåer for bruk av modeller i VDC .....	55
Tabell 12: Krav som stilles til et VDC-prosjekt i henhold til informasjonshefte om VDC i Skanska .....	60
Tabell 13: VDC implementering i prosjekteringsfasen.....	61
Tabell 14: Beskrivelse Strinda Hageby .....	73
Tabell 15: Beskrivelse Powerhouse Brattørkaia.....	75
Tabell 16: Antall gjennomførte bakoverplanlegging- og plansjekk-økter (involverende planlegging) .....	78
Tabell 17: Antall ICE-møtereferat i prosjektene i casestudien.....	82
Tabell 18: Deltager-hyppighet på ICE-møter ved Powerhouse Brattørkaia.....	84
Tabell 19: Oversikt over pluss og delta fra ICE-møtereferatene.....	88
Tabell 20: Anbefalinger knyttet til VDC og involverende planlegging.....	120
Tabell 21: Anbefalinger knyttet til ICE .....	121
Tabell 22: Anbefalinger knyttet til målinger .....	122
Tabell 23: Anbefalinger knyttet til BIM .....	122
Tabell 20: Opplevd effekt av VDC sortert etter VDC-element .....	124
Tabell 21: Opplevd effekt av VDC i prosjekteringsprosessen i casestudien .....	126



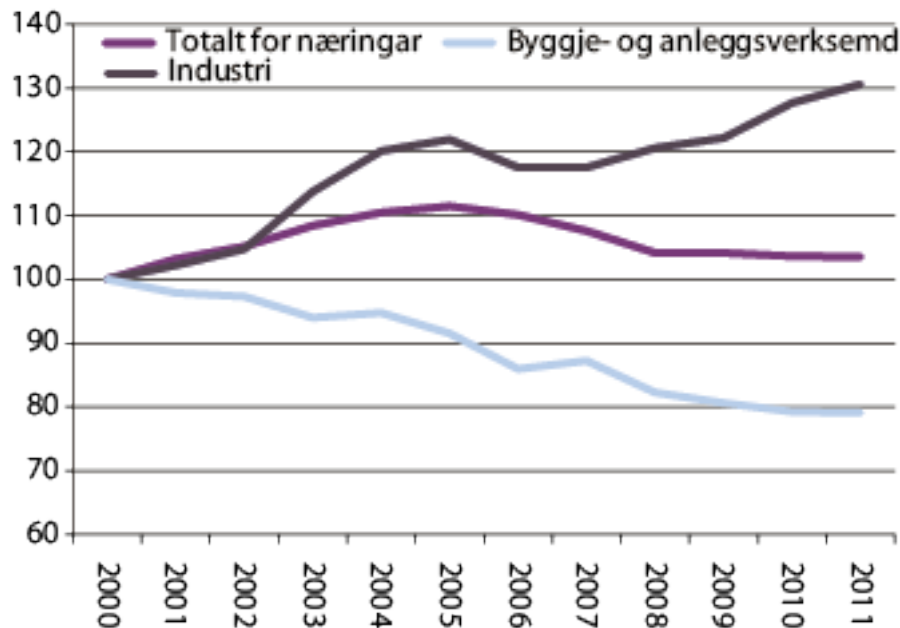
## KAPITTEL 1

# Innledning

Dette kapitlet presenterer en kort bakgrunn for tema i denne oppgaven. Deretter beskrives problemformulering av oppgaven, inkludert formål, forskningsspørsmål og avgrensninger. Tilslutt redegjøres det for komposisjonen av oppgaven samt en begrepsavklaring.

## 1.1 Bakgrunn

Det har i de siste årene vært en svak produktivitetsutvikling i byggenæringen. Mens andre næringer, spesielt industrien, har opplevd en vekst i produktivitet, har byggenæringen siden midten av 1990-tallet opplevd et fall i produktivetsnivået (Det Kongelige Kommunal- og Regionaldepartement, 2012). Figur 1 viser utviklingen av timeverksproduktivitet fra 2000-2011.



Figur 1: Utvikling i timeverksproduktivitet, 2000-2011 (Det Kongelige Kommunal- og Regionaldepartement, 2012)

I en tid hvor byggekostnadene bare øker og øker, og effektiviteten synker, er det svært viktig å gjennomføre tiltak for å øke effektiviteten og senke kostnadene. Mange organisasjoner mener at problemer som oppstår på grunn av dårlig koordinering av informasjonsflyten og på grunn av at aktører ikke deler informasjon, vil reduseres vesentlig ved implementering av BIM (Hamil, 2012). Gong og Lee (2011) beskriver derimot at BIM ikke er en mirakelkur mot en fragmentert byggeprosess. For å optimalisere bruken av BIM er det avgjørende at mye av informasjonen deles mellom gruppemedlemmene i de ulike fasene av livssyklusen til et bygg (Beaven, 2011). Canada (2011) beskriver at kvaliteten på kommunikasjonen mellom aktører er avgjørende for å effektivt utnytte bruken av BIM.

Skanska har derfor valgt å satse på konseptet Virtual Design and Construction (heretter omtalt som VDC) som er et rammeverk for utforming, planlegging og gjennomføring av byggeprosjekter med virtuelle hjelpemidler, metoder og verktøy. Den grunnleggende visjonen til VDC er å flytte hele byggeprosjekter inn i den virtuelle verden, effektivisere prosjektarbeidet og redusere unødvendig arbeid.

I Skanska Bygg Oslo er det gjennomført flere pilotprosjekter hvor de har testet VDC-metodikken med stor suksess. Erfaringene viser at VDC metodikken er et bidrag for å øke effektiviteten og senke kostnadene. Dette har ført til at Skanska har opprettet en VDC-prosjektgruppe som skal se på hvordan Skanska skal definere helhetlige VDC-metodikker basert på region Oslo sin suksess og hvordan disse skal implementeres. Det er opprettet regionale rådgivere som skal følge opp alle pilotprosjekter og ta med seg gode og dårlige erfaringer til neste prosjekt og gjøre kontinuerlige justeringer. Skanska Norge ønsker å skape helhetlige VDC-metodikker, slik at man får løftet VDC satsingen høyere i systemet, standardisere VDC som et endringsinitiativ og kurse hele organisasjonen i dette.

Det er opprettet VDC-mål for Skanska Norge for 2017:

- Minst 10 prosjekter nasjonalt som kan kalles VDC-prosjekter
- Minst 3 masteroppgaver skrevet om VDC i Skanska Norge
- 5 % økning i tilslagsprosent ved bruk av VDC i tilbudsprosessen

## 1.2 Oppgaven

### 1.1.1 Beskrivelse

Som en del av Skanska Norge sine VDC-mål for 2017 skal denne masteroppgaven gå i dybden på VDC-implementeringen i prosjekteringsprosessen. Masteroppgaven vil bli utført som en kvalitativ casestudie ved to av Skanska Bygg Trondheim sine VDC-prosjekter. Innledningsvis skal teori rundt begrepet Virtual Design and Construction kartlegges, og deretter brukes videre som sammenligningsgrunnlag for gjennomføring av et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen i Skanska. Ved å utføre intervjuer, observasjoner, dokumentanalyser er målet å komme fram til hvordan VDC-metodikken gjennomføres, hvilke forbedringer som kan gjøres og effekten av VDC i prosjekteringsprosessen.

### 1.1.2 Formål og forskningsspørsmål

*Formålet med masteroppgaven er å videreutvikle og forbedre gjennomføringen av Virtual Design and Construction (VDC) i prosjekteringsprosessen.*

Det er utarbeidet tre forskningsspørsmål med hensikt å besvare formålet:

**FS1:** Hvordan gjennomføres et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen?

**FS2:** Hvilke forbedringer kan gjøres i et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen?

**FS3:** Hvilken effekt har VDC-metodikk på prosjekteringsprosessen?

### 1.3 Omfang og avgrensning

Denne masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng og gjennomføres i løpet av 21 uker. På grunn av tidsbegrensningen er det gjort en rekke valg med tanke på omfang og avgrensninger. Studien baseres på kvalitativ casestudie ved to VDC-prosjekter fra Skanska Bygg Trondheim. Det er fokusert på gjennomføring, forbedringspotensialet og effekt av VDC-metodikk i detaljprosjekteringsfasen, og det er ikke undersøkt hvilken effekt VDC har på produksjonsunderlaget.

### 1.4 Komposisjon

Kapittel 1: <b>Innledning</b>	Gir en rask innføring i tema for masteroppgaven, i tillegg til definering av mål, omfang, avgrensninger og forkortelser.
Kapittel 2 <b>Metode</b>	Gir innsikt i relevant metodeteori og reflektere over metodevalgene som er tatt for å besvare forskningsspørsmålene. I tillegg analyseres metodekvaliteten og troverdigheten av forskningsmetodene som ble brukt.
Kapittel 3 <b>Teori</b>	Presenterer det teoretiske rammeverket for denne studien. Følgende emner presenteres i dette kapitlet: <i>Prosjekteringsprosessen, Lean og Virtual Design and Construction</i> .
Kapittel 4 <b>Resultater</b>	Presenterer empirien som er samlet inn gjennom intervju, observasjon og dokumentanalyse i forbindelse med casestudiet. Første del presenterer dokumentanalyse av interne dokumenter som omhandler VDC i Skanska. Andre del presenterer resultatet av casestudien i form av intervju, observasjon og dokumentanalyse av prosjektbaserte dokumenter.
Kapittel 5: <b>Drøfting</b>	Forskningsspørsmålene drøftes og besvares på bakgrunn av litteratursøket i teorikapitlet og empiri i resultatkapitlet. Første del presenterer gjennomføring av og forbedringspotensial ved VDC i prosjekteringsprosessen. Andre del presenterer opplevd effekt av VDC-implementeringen.
Kapittel 6: <b>Konklusjon</b>	En konklusjon av studien i form av en kortfattet besvarelse av forskningsspørsmålene, og dermed også formålet med oppgaven. Til slutt redegjøres det for videre arbeid og forskning.
Kapittel 7: <b>Referanseliste</b>	Liste over alle kilder brukt i denne masteroppgaven.
Kapittel 8: <b>Vedlegg</b>	Relevante vedlegg for studien er vedlagt.

Tabell 1: Komposisjon av masteroppgaven

## 1.5 Begrepsavklaring

ARK	Arkitekt
BIM	Bygningsinformasjonsmodellering
CIFE	Center for Integrated Facility Engineering
DEEPAND	Description (beskrivelse), Explanation (forklaring), Evaluation (evaluering), Prediction (forutsigelse), Alternative formulation (alternative formulering), Negotiation (forhandling, Decision (beslutning)
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
ICE	Integrated Concurrent Engineering
IP	Involverende Planlegging
iRoom	Interactive room (interaktivt rom)
LPDS	Last Planner Delivery System
LPS	Last Planner System
MNOK	Millioner norske kroner
PL	Prosjektleder
POP-modell	Produkt- organisasjons- og prosessmodell
PPU	Prosent Planlagt Utført (PPC – Planned Percent Completed)
PGL	Prosjekteringsgruppeleder
RIAkust	Rådgivende ingeniør akustikk
RIB	Rådgivende ingeniør byggeteknikk
RIBrann	Rådgivende ingeniør brann
RIE	Rådgivende ingeniør elektro
RIG	Rådgivende ingeniør geologi

<b>RIVent</b>	Rådgivende ingeniør VVS - ventilasjon
<b>RIVrør</b>	Rådgivende ingeniør VVS - rør
<b>TPS</b>	Toyota Production System
<b>VDC</b>	Virtual Design and Construction
<b>3D-modell</b>	Tredimensjonal databasert design
<b>4D-modell</b>	3D-modell integrert med plandata (tid) (x, y, z, t)
<b>5D-modell</b>	3D-modell med plandata (tid) og kostnadsestimering (x, y, z, t, k)



## KAPITTEL 2

# Metode

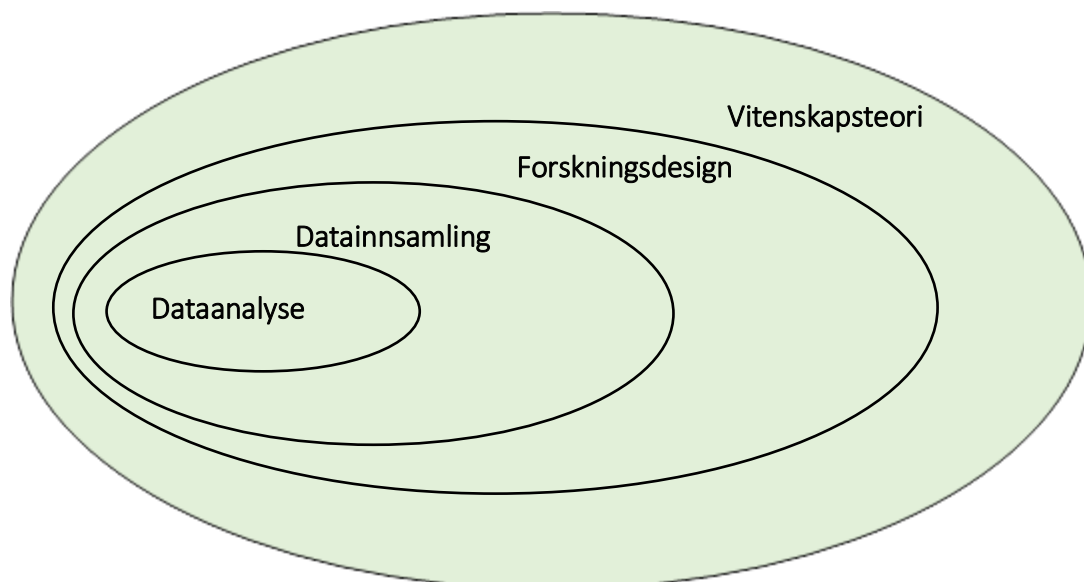
Den greske betydningen av ordet metode er *veien til målet*.. Dette kapitlet har til hensikt å gi innsikt i relevant metodeteori og reflektere over metodevalgene som er tatt for å besvare forskningsspørsmålene i denne studien. Tilslutt analyseres metodekvaliteten og troverdigheten av forskningsmetodene som ble brukt.

## 2.1 Oppbygging av metodekapittelet

*”En metode er en fremgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener formålet, hører med i arsenalet av metoder”*

Vilhelm Aubert

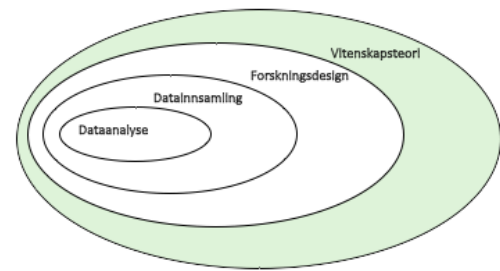
For å beskrive forskningsmetoden i denne studien er det tatt utgangspunkt i Saunders et al. (2009) sin fremstilling av at metodevalgene kan illustreres som en forskningsløk (figur 2). Forskningsløken illustrerer at man først må ta et standpunkt til vitenskapsteoretisk ståsted. Dette er et overordnet spørsmål som har betydning for alle senere metodevalg, helt ned til dataanalysen og diskusjonen av resultater. Deretter velges forskningsdesign som omfatter flere prinsipielle beslutninger som har betydning for både valg av metoder for datainnsamling og dataanalyse. På de to siste nivåene må det velges mer konkrete fremgangsmåter. Dette gjelder for hvordan data skal samles inn og hvordan dataene skal analyseres (Busch, 2013).



Figur 2: Forskningsløk (Saunders et al., 2009)

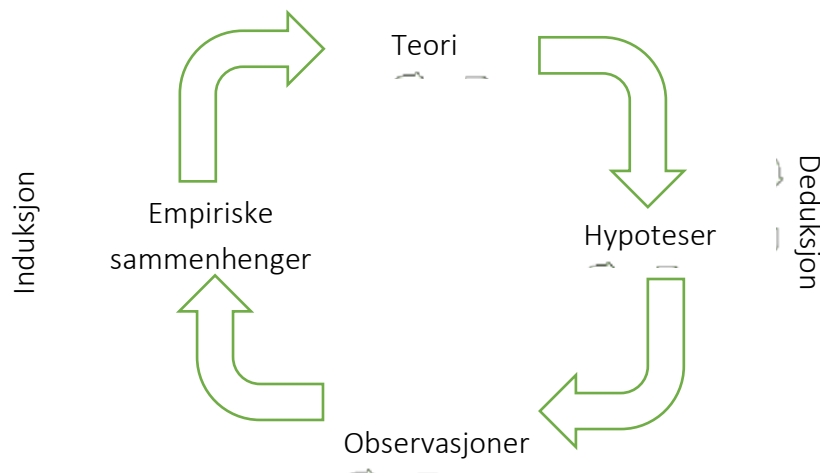
## 2.2 Vitenskapsteori

*Vitenskapsteoretisk ståsted vil ikke beskrives i dybden i denne studien. Det som vurderes relevant innen overordnet vitenskapsteori er valg av induktiv eller deduktiv forskningstilnærming.*



### 2.2.1 Induktiv og deduktiv forskning

En induktiv metode er særpreget av at forskeren nærmer seg empirien uten noen forventninger om hvordan verden ser ut. Forskeren tar altså ikke med seg noen hypoteser eller teorier, men forsøker så godt som mulig å samle empiri som skal tolkes i etterkant. Etter en grundig analyse av empirien utvikles mer generelle teorier. I en deduktiv metode tar forskeren utgangspunkt i eksisterende teorier som er utviklet gjennom tidligere forskning. Ut fra disse fremsettes hypoteser om hva som vil finnes. (Busch, 2013). Ringdal (2001) illustrerer disse to metodene med en vitenskapssirkel (se figur 3) som visualiserer hvordan induktiv metode går fra empiri til teori, og deduktiv metode går fra teori til empiri.

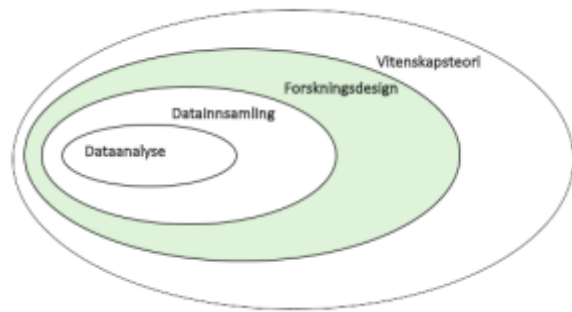


Figur 3: Vitenskapssirkelen Ringdal (2001)

Det er i denne studien valgt en mer pragmatisk forskningstilnærming som i følge Busch (2013) kan kalles en **abduktiv tilnærming**. Dette er en mellomting mellom induktiv og deduktiv metode og gjennomføres ved å hele tiden bevege seg mellom teori og empiri. Dette er valgt på bakgrunn av at VDC, spesielt i Norge, enda er et nytt begrep med lite teori og forskning. Det å skape en universell metode, med konkrete verktøy er ikke hensikten til CIFE som oppfordrer til en stegvis implementering, med individuelle tilpasninger (Kunz og Fischer, 2009). For å gi studien en bredere plattform vurderes det som naturlig å både vurdere eksisterende teori opp mot empirien, og empirien opp mot eksisterende teori.

## 2.3 Forskningsdesign

Andre steg i utforming av forskningsmetoden er valg av overordnet forskningsdesign. Busch (2013) skiller mellom fire prinsipielle spørsmål som må besvares ved utforming av forskningsdesign:



- Valg mellom ekstensivt eller intensivt design
- Valg mellom kvalitative eller kvantitative metoder
- Valg av hoveddesign
- Valg av tidsperspektiv

### 2.3.1 Ekstensivt og intensivt design

Et ekstensivt design innebærer at det samles inn data fra mange kilder, for eksempel gjennom spørreskjemaundersøkelse. I et intensivt design går de mer i dybden og samler data fra et fåtall kilder, for eksempel gjennom intervjuer (Busch, 2013). Da problemstillingen i denne studien er kompleks og med mange variabler er det valgt et **intensivt design**. For å belyse forskningsspørsmålene grundig er det nødvendig med lengre samtaler med flere aktører i prosjekteringsfasen. Ekstensivt og intensivt design har begge ulike kvaliteter, med tilhørende fordeler og ulemper. Fordelen i dette tilfelle er at man går i dybden i temaet og får fram mange ulike meninger fra ulike aktører. Ulempen er at man ikke får samlet inn data fra mange ulike prosjekter og sammenlignet prosjektbaserte forskjeller som kan avdekkes ved et ekstensivt design.

### 2.3.2 Kvalitativ og kvantitativ metode

Kvalitativ og kvantitativ metode henger i følge Busch (2013) nært sammen med ekstensivt og intensivt design. I ekstensivt design egner kvantitative data seg godt. De er lettere å samle inn og lettere å analysere. I intensivt design med få respondenter og mange variabler er kvalitative data ofte å foretrekke. De har rikt innhold og egner seg til å analysere komplekse sammenhenger. Et kvantitativt design gjør det lett å håndtere store datamengder, men for å kunne foreta avanserte analyser kreves det klart definerte og avgrensede teoretiske modeller. Et kvalitativt design gjør det lettere å gå i dybden for å studere komplekse og uklare problemstillinger, men kan gi utfordringer med hensyn til å overføre resultatene til andre situasjoner (Busch, 2013).

Slik Dalland (2012) beskriver det har en kvantitativ metode den fordelen at den gir data i form av målbare enheter, mens en kvalitativ metode tar sikte på å fange opp mening og opplevelse som ikke lar seg tallfeste eller måle. Det viktigste skillet mellom kvantitativ og kvalitativ metode

går derfor på om informasjonen kan uttrykkes i tall eller i tekst (Halvorsen, 2008). Tabell 2 viser kjennetegnene bak de ulike metodene.

Kvalitativ forskning	Kvantitativ forskning
Forskeren er subjektiv og står "innenfor" og har ofte langvarig kontakt med forsøkspersonen	Forskeren er objektiv og står "utenfor", har distanse og ofte kortvarig eller ingen kontakt med forsøkspersonen
Forskningen er fleksibel og en går trinnvis dypere og dypere inn i problemstillingene	Forskningen er strukturert, problemstillingene er entydig formulert på forhånd
Forholdet mellom teori og forskning er basert på en suksessiv utvikling hvor fenomenet blir forklart og teorien oppdaget	Forholdet mellom teori og forskning bygger på bekreftelse (hypotese-testing)
Resultatene bygger på et lite antall individer (mikro) og et stort antall variabler	Resultatene bygger på et stort antall individer (makro) og et begrenset antall variabler
Resultatene er dyptborende og gjelder i spesifikke miljøer, omstendigheter og tidspunkter	Resultatene er generelle og variablene entydige, valide og reliable

Tabell 2: Sammenligning mellom kvalitativ og kvantitativ metode (Olsson et al., 2003)

På samme grunnlag som det er valgt et intensivt design er det valgt en **kvalitativ metode**. Informasjonsinnhenting er preget av fleksibilitet, i motsetning til kvantitativ metode som er mer strukturert. Dette er en fordel da kompleksiteten av problemstillingen krever oppfølgingsspørsmål i intervjuene, for å utdype meningene til intervjuobjektene. VDC er også en metode som kan implementeres ulikt i ulike bedrifter og faser, slik at det kan oppstå usikkerhet rundt begreper og sammenhenger. En kvalitativ metode sikrer derfor at eventuelle uklare problemstillinger belyses på korrekt måte. En ulempe med kvalitativ metode er at resultatet kan gi utfordringer med hensyn på å overføre resultatene til andre situasjoner, og derfor hadde en kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ metode kunne ha styrket studien. Ettersom Skanska er helt i oppstarten med å utarbeide en omforent VDC-modell, og det kun er tre VDC-prosjekter i Skanska Bygg Trondheim, ble det derfor valgt å kun bruke en kvalitativ metode i denne studien.

### 2.3.3 Hoveddesign

Hoveddesign representerer i følge Busch (2013) en bestemt kobling av ulike vitenskapsteoretiske og metodiske utfordringer og de viktigste typene er eksperimenter, kvasieksemperimenter, evalueringsforskning, etnografiske studier, fenomenologiske studier, casestudier og aksjonsforskning. I denne studien ble det valgt **casestudie** som hoveddesign, og de andre typene vil ikke bli nærmere beskrevet her. Det som særpreger casestudier, er at det fenomenet som skal studeres er sterkt knyttet til konteksten (Busch, 2013). Siktemålet er å gi en intensiv beskrivelse av et sosialt system – å utvikle helhetsforståelse. Registreringen av data vil gjerne være usystematisk og analysen og tolkningen av materialet vil ofte være intuitiv

(Halvorsen, 2008). I en casestudiet er det ifølge Halvorsen (2008) vanlig å bruke kvalitative metoder.

Det er i denne studien utført en casestudie av to VDC-prosjekter innen én organisasjon, Skanska Bygg Trondheim. Den første VDC-prosjektet er Strinda Hageby, et boligprosjekt som skal ferdigstilles i juni 2018. Det andre VDC-prosjektet er Powerhouse Brattørkaia, et næringsbygg som skal ferdigstilles februar 2019.

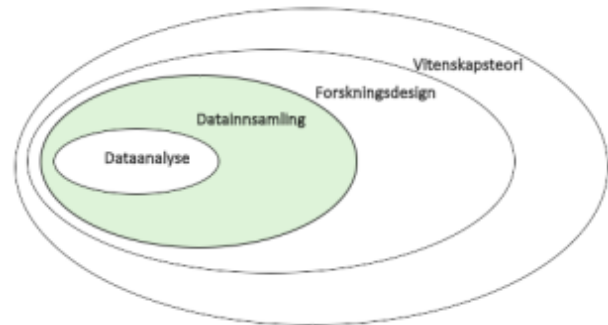
#### **2.3.4 Tidsperspektiv**

Ved å samle inn data på flere tidspunkter får man mulighet til å analysere komplekse utviklingstrekk, og det er lettere å studere mulige årsak-virkningsforhold. Alternativet er å samle inn alle data på ett tidspunkt, det vil si gjennomføre en tverrsnittsundersøkelse. Selv om en større kvalitativ undersøkelse strekker seg over flere uker, blir det betraktet som en tverrsnittsundersøkelse så lenge hver respondent intervjues kun en gang (Busch, 2013).

Det ble i denne studien vurdert å gjøre to intervjuer av hver respondent, et tidlig og et sent i prosjekteringsprosessen. Dette ble det imidlertid gått bort ifra da dette ville bli for tidkrevende med tanke på tidsbegrensningen. I casestudien er det valgt ut to VDC-prosjekter, hvor det ene VDC-prosjektet hadde oppstart av detaljprosjekteringsfasen i november 2016, og det andre hadde oppstart i februar 2017. Det første VDC-prosjektet har gjort seg mange erfaringer som påvirket det ny oppstartede VDC-prosjektet i form av forbedringer og erfaringsoverføringer. Effekten av denne erfaringsoverføring vil bli analysert i denne studien.

## 2.4 Datainnsamling (empiri) - primærdata

Det tredje steget i utarbeidelse av forskningsmetoden er selve datainnsamlingen. Dette delkapittelet beskriver hvilke strategier som er valgt for å samle inn empirisk data. Når det gjelder datainnsamlingen vil valgene være styrt av problemformuleringen, teorivalg, valg av vitenskapsteoretisk ståsted og valg av forskningsdesign. Det er ifølge Busch (2013) fire metodiske valg som må gjøres:



- Valg av metode for datainnsamling
- Valg av datakilder
- Valg av variabler
- Operasjonalisering av variablene

### 2.4.1 Valg av metode for datainnsamling

Det finnes flere ulike metoder for datainnsamling ved bruk av en kvalitativ metode. Kvalitativ metode kan ses som et samleavn for tilnærminger som i større eller mindre grad kombinerer de fem følgende teknikkene: direkte observasjon, direkte deltaking, informant- og respondentintervju og dokumentanalyse (McCall og Simmons, 1969). I denne studien er det valgt å bruke **direkte observasjon**, **intervju** og **dokumentanalyse** som strategi for å samle inn empirisk data. Dette kalles for primærdata. I tillegg til primærdata er denne studien også basert på tilgjengelig data i form av **litteratursøk**, også kalt sekundærdata. Litteratursøket danner grunnlaget for teorikapittelet i denne studien, og beskrives nærmere i kapittel 2.4. En oversikt over hvilke metoder som er brukt for å besvare forskningsspørsmålene er beskrevet i tabell 3.

Forskningsspørsmål	Metode for innhenting av data	Beskrivelse
FS1: Hvordan gjennomføres et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Direkte observasjon               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Internt seminar</li> <li>- Prosjekteringsmøter (ICE-møter, bakoverplanlegging)</li> </ul> </li> <li>▪ Intervju</li> <li>▪ Dokumentanalyse               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interne dokumenter (ICE, involverende planlegging, BIM-manualen)</li> <li>- Prosjektbasert informasjonshefte om VDC</li> </ul> </li> </ul>	Deltagende observasjon av et internt seminar for prosjekteringsledere om VDC var et viktig utgangspunkt for forståelsen av VDC i prosjekteringsprosessen. Videre ble det gjennomført deltagende observasjon av flere prosjekteringsmøter (ICE-møter, bakoverplanlegging) for å få et innblikk i hvordan VDC gjennomføres i prosjektene for casestudien.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ICE-møtereferat</li> <li>- Interne målinger av VDC-prosjektene i casestudien</li> <li>▪ Litteratursøk <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lean</li> <li>- Last Planner System</li> <li>- VDC</li> <li>- ICE</li> <li>- BIM</li> <li>- Målinger</li> </ul> </li> </ul>	Deretter ble det gjennomført syv intervju for en detaljert beskrivelse av gjennomføringen. Funnene fra observasjoner og intervju drøftes opp mot dokumentanalyse av interne dokumenter fra Skanska om VDC. I tillegg drøftes funnene opp mot relevant teori fra litteraturstudiet.
<b>FS2:</b> Hvilke forbedringer kan gjøres i et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intervju</li> <li>▪ Direkte observasjon <ul style="list-style-type: none"> <li>- Internt seminar</li> <li>- Prosjekteringsmøter (ICE-møter, bakoverplanlegging)</li> </ul> </li> <li>▪ Litteratursøk <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lean</li> <li>- Last Planner System</li> <li>- VDC</li> <li>- ICE</li> <li>- BIM</li> <li>- Målinger</li> </ul> </li> </ul>	Forbedringsmuligheter som er avdekket på bakgrunn av syv intervju og direkte observasjon av prosjekteringsmøter (ICE-møter) drøftes opp mot relevant teori fra litteraturstudiet.
<b>FS3:</b> Hvilken effekt har VDC-metodikk på prosjekteringsprosessen?	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intervju</li> <li>▪ Litteratursøk</li> </ul>	Syv intervju gjennomføres for å avdekke opplevd effekt av implementering av VDC i prosjekteringsprosessen. Funnene drøftes opp mot teori og utfordringene som oppstår i prosjekteringsprosessen.

Tabell 3: Forskningsstrategien benyttet til de ulike forskningsspørsmålene

Til nå er det definert hvilke metoder for datainnsamling som benyttes i denne studien, samt en oversikt over hvilke metoder som vil besvare forskningsspørsmålene. I de neste delkapitlene vil de tre valgte innsamlingsmetodene for empiri beskrives og analyseres i dybden ut ifra de resterende metodiske valgene Busch (2013) introduserte: *valg av datakilde, valg av variabler og operasjonalisering av variablene*.

## 2.4.2 Intervju

Ryen (2002) beskriver at Intervju er den dominerende metoden innenfor kvalitativ forskning. Formålet med det kvalitative forskningsintervjuet er å få tak i intervjupersonens egen beskrivelse av den livssituasjonen hun eller han befinner seg i (Dalland, 2012). Kvale et al.



(2015) poengterer at det kvalitative intervjuet er basert på en delvis strukturert intervjuguide. De temaene forskeren skal spørre om, er i hovedsak fastlagt på forhånd, men rekkefølgen av temaene bestemmes underveis. På den måten kan forskeren følge intervjupersonens fortelling, men samtidig sørge for at de temaer som er viktige i forhold til problemstillingen, blir diskutert i løpet av intervjusamtalen. Det er også viktig at intervjueren er åpen for at intervjupersoner kan ta opp temaer som ikke var planlagt i forkant (Kvale et al., 2015).

Intervjuer inneholder i følge Rubin og Rubin (2011) hovedspørsmål, oppfølgingsspørsmål og prober. Hovedspørsmålene introduserer de ulike temaene som man ønsker å få besvart i løpet av intervjuet, og sikrer dermed at man får kunnskap om de temaer som er sentrale. Hensikten med oppfølgingsspørsmål er at man skal få mer detaljert informasjon og mer nyanserte kommentarer til de temaer, begreper og begivenheter som intervjupersonen beskriver. Prober er spørsmål eller kommentarer som bidrar til å skape flyt i samtalen. Poenget med prober er at intervjueren signaliserer interesse for det som blir sagt, eller at hun eller han ønsker mer informasjon (Rubin og Rubin, 2011).

Det er viktig at spørsmålene man stiller er åpne i den forstand at de oppmuntrer intervjupersonen til å fortelle (Thagaard, 2013). Problemet med ledende spørsmål er at de stiller intervjupersonen i en situasjon hvor hun eller han ledes til å si seg enig eller uenig med forskeren. Ledende spørsmål bidrar til at forskeren gir intervjuet en retning som skaper forventninger til hvordan intervjupersonen svarer (Ryen, 2002). Det er viktig at generelle spørsmål følges opp med spørsmål om konkrete hendelser (Esterberg, 2002). Kombinasjonen av generelle spørsmål og spørsmål om konkrete hendelser gir forskeren muligheter til å forstå intervjupersonens vurderinger og meninger i lys av personens konkrete erfaringer (Thagaard, 2013).

### Valg av datakilde

I casestudien intervjues totalt syv intervjuobjekter, tre fra Strinda Hageby og fire fra Powerhouse Brattørkaia. Intervjuobjektene som ble valgt ut var prosjekteringsleder, arkitekt, rådgivende ingeniør bygg og prosjekteringsleder for tekniske fag. Disse rollene ble valgt ut fordi de anses som sentrale i prosjekteringsprosessen og dermed også sentrale personer for å formidle innsikt i forskningsspørsmålene. Ved å intervju personer med ulike roller i prosjekteringsfasen vil forskningsspørsmålene også besvare ut ifra ulike synsvinkler. På grunn av tidsbegrensninger ble det kun intervjuet en person fra tekniske fag noe som kan anses som en svakhet med tanke på valg av datakilder.

Intervjuobjekt nr.	Dato	Rolle	Prosjekt
01	05.04.2017	RIB	Powerhouse Brattørkaia
02	05.04.2017	ARK	Powerhouse Brattørkaia
03	06.04.2017	ARK	Strinda Hageby
04	06.04.2017	PGL	Strinda Hageby
05	21.04.2017	PGL tekniske fag	Powerhouse Brattørkaia
06	27.04.2017	PGL	Powerhouse Brattørkaia
07	05.05.2017	RIB	Strinda Hageby

Tabell 4: Intervjuobjekter

### Valg av variabler

Ettersom det i denne studien er valgt en abduktiv tilnærming, som gjennomføres ved å hele tiden bevege seg mellom teori og empiri, ble variablene i intervjuene bestemt av både teori om VDC og av intervjuobjektene selv. Valg av variabler representerer også en ytterligere innsnevring av forskningsspørsmålene (Busch, 2013). I stedet for å gå i dybden på et tema, ble det valgt at variablene i intervjuene dekker et bredt felt. Intervjuene tar derfor for seg alle elementer av VDC i prosjekteringsprosessen. Dette ble gjort fordi prosjektene i casestudien er i en innkjøringsfase av VDC-implementeringen og det vurderes derfor som hensiktsmessig å belyse det store bilde, framfor å gå i dybden på et begrenset tema.

### Operasjonalisering av variablene

Spørsmålet om operasjonalisering av variablene leder fram til et instrument som skal brukes i forbindelse med datainnsamlingen, og i dette tilfelle er instrumentet intervjuguiden (vedlegg A). Fokuset i forskningsspørsmålene er overført til intervju spørsmålene og forskningsspørsmålene ble også presentert i forkant av intervjuet slik at respondenten fikk et klart bilde av hva som er tema for studien. Oppfølgings spørsmål og prober ble brukt for å skape flyt og avdekke detaljer for å få en bedre innsikt i problemfeltet som diskuteres. I kvalitative intervjuer må det tas et standpunkt til hvilke begreper som skal benyttes i dialogen med respondentene (Busch, 2013). Ettersom VDC er et nytt begrep, og metoder og verktøy som benyttes innen VDC er ulike fra bedrift til bedrift, var det en utfordring å benytte meningsfulle og konkrete begreper i intervjuguiden. Det måtte derfor gjøres noen oppklaringer rundt begreper ved gjennomføring av intervjuene.

### **2.4.3 Direkte (deltagende) observasjon**

*”Om vi skal si det enkelt, kan man tenke seg at vi med observasjon studerer det folk gjør, mens man i intervjuer studerer det folk sier (at de gjør)”*

*Aksel Tjora, 2010*

Når fenomener skal studeres i sine naturlige sammenhenger, vil observasjon være en nærliggende metode. Det finnes flere ulike former for observasjon. Forskerens observasjon kan

være *deltakende* eller *ikke-deltakende*. Ved deltakende observasjon spiller forskeren selv rollen som et medlem av det sosiale systemet han eller hun studerer, med andre ord inngår forskeren i samhandling med medlemmene av et sosialt system. Deltakende observasjon kan gjøres aktivt eller passivt. Ved aktiv deltakelse påvirker forskeren bevisst det sosiale systemet han eller hun undersøker (Halvorsen, 2008). Passiv deltakelse betyr altså at man ikke innvirker eller medvirker i det sosiale systemet på noen måte. I denne studien er det valgt å gjennomføre **passiv deltakende observasjon** av prosjekteringsmøter (ICE-møter) i tillegg til et internt seminar om VDC.

Observasjoner kan gjøres direkte eller indirekte. Direkte observasjon innebærer at de observerte vet at de blir observert og hva som er hensikten, og ved indirekte observasjon vet ikke de observerte hva som er hensikten med observasjonen (Halvorsen, 2008). Det ble valgt å gjennomføre **direkte observasjon**.

Observasjoner kan gjøres strukturert eller ustrukturert. Ved strukturert (systematisk) observasjon velger forskeren ut på forhånd bestemte aktiviteter som skal observeres, mens man ved ustrukturert observasjon ikke innsnevrer sin interesse til å gjelde bestemte aktiviteter (Halvorsen, 2008). Etersom det er valgt en kvalitativ metode er det naturlig å velge **ustrukturert observasjon**.

Thagaard (2013) beskriver at ved deltagende observasjon er det mulig å opparbeide seg et personlig forhold til deltakere som kan gi forskeren spesielt mye innsikt. Disse kalles nøkkelinformanter og har stor betydning for forståelsen som utvikles i løpet av studien. Det ble i forbindelse med observasjonene i denne studien tatt i bruk tre nøkkelinformanter. VDC-rådgiver for Skanska Bygg Oslo, som har god innsikt i VDC og har gjennomført flere vellykkede VDC-prosjekter, bidro med å oppklare uklare momenter ved VDC som oppsto i løpet av forskningsperioden. VDC-rådgiver for Skanska Bygg Trondheim (ekstern veileder), kan også anses som en nøkkelinformant, og var med på å utvikle problemstillingen for studien samt å svare på oppklarings spørsmål fra prosjektene i casestudien. I tillegg ble også BIM-koordinator brukt som en nøkkelinformant for BIM-relevante spørsmål.

### Valg av datakilde

I denne studien ble det gjennomført en observasjonsanalyse av et internt seminar og syv observasjoner av prosjekteringsmøter (bakoverplanlegging og ICE-møter). Det interne seminaret omhandlet VDC i prosjekteringsfasen og var viktig med tanke på utformingen av problemstillingen til denne studien. I casestudien ble det gjennomført fire observasjoner ved Strinda Hageby og tre observasjoner ved Powerhouse Brattørkaia. Observasjonene ble gjennomført i forkant av intervjuene for å få et innblikk i hvordan VDC implementeres i prosjekteringsprosessen til VDC-prosjektene i casestudien. Tabell 5 viser en oversikt over tidspunkt for observasjonene som ble gjort i casestudien.

Direkte (deltagende) observasjon	
Strinda Hageby: Tidspunkt (dato)	Powerhouse Brattørkaia: Tidspunkt (dato)
11.november 2016 (bakoverplanlegging)	08.mars 2017 (bakoverplanlegging)
1.mars 2017 (ICE-møte)	22.mars 2017 (ICE-møte)
15.mars 2017 (ICE-møte)	05.april 2017 (ICE-møte)
26.april 2017 (bakoverplanlegging)	

Tabell 5: Direkte (deltagende) observasjon på VDC-prosjektene i casestudiet

### Valg av variabler

Ved valg av hvilke prosjekteringsmøter som skulle observeres ble det valgt at variablene, på samme måte som med intervjuobjektene, skulle dekke et bredt felt framfor å gå i dybden. Det ble derfor gjennomført observasjoner i prosjekteringsmøter med både bakoverplanlegging (involverende planlegging) og ICE-møter, for å gi et godt innblikk i hvilke VDC-metoder og VDC-verktøy som brukes. Bakoverplanlegging gjennomføres i oppstarten av detaljprosjekteringsfasen hvor prosjekteringsgruppen lager en omforent faseplan ved bruk av involverende planlegging. ICE-møter gjennomføres kontinuerlig i prosjekteringsprosessen fram til alle arbeidstegningene er overlevert til produksjonsfasen. Det ble også valgt å fokusere like mye på begge VDC-prosjektene i casestudien.

### Operasjonalisering av variablene

For å kunne bruke observasjonene med troverdighet er det nødvendig med et ferdig disponert notatskjema. Et observasjonsnotat skal ha fast struktur og inneholde konkrete opplysninger, observasjoner og en foreløpig tolkning (Dalland, 2012). Vedlegg B viser observasjonsnotatet som ble brukt ved alle observasjonene. Ved å bruke en fast mal på alle observasjonene ble resultatene sammenlignbare og øker troverdigheten på det som ble observert. I følge Dalland (2012) bør man i slike tilfeller ikke stole på hukommelsen og unngå løse notater som vil være vanskelig å finne sammenheng i.

## **2.4.4 Dokumentanalyse**

Studier av dokumenter har i følge Thagaard (2013) lang tradisjon i kvalitativ forskning og skiller seg fra data forskeren har samlet inn i felten, ved at dokumentene er skrevet for et annet formål enn det forskeren skal bruke dem til. Betegnelsen dokument kan i følge Scott (1990) benyttes om alle slags skriftlige kilder som er tilgjengelig for forskerens analyser. Publiserte dokumenter er tilgjengelig for alle, mens lukkede dokumenter krever spesiell adgang for andre enn dem de er skrevet for (Thagaard, 2013). Det er i denne studien gitt tilgang til en rekke lukkede dokumenter i form av interne dokumenter fra Skanska.

### Valg av datakilde

Dokumentene som analyseres er alle relevante VDC-informasjonshefter i tillegg til prosjektbaserte VDC-dokumenter fra VDC-prosjektene i casestudien. Dokumentene skal gi en

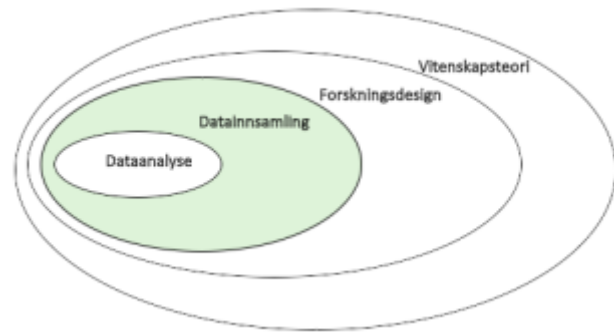
dypere innsikt i hvordan Skanska implementerer VDC i sine prosjekter. En oversikt over og beskrivelse av dokumentene som analyseres presenteres i tabell 6.

Dokument - tittel	Beskrivelse
Beskrivelse Involverende Planlegging prosjektering	Introduksjon til gjennomføring av involverende planlegging i prosjekteringsprosessen (forberedelser, bakoverplanlegging, plansjekk og spørsmålsmatrisen).
Beskrivelse ICE	Introduksjon til gjennomføring av ICE-møter (beskrivelse av ICE, forberedelser, ICE-agenda, ICE evalueringkort).
VDC-prosjektering	Prosjektbaserte informasjonshefter om VDC i prosjekteringsprosessen som ble sendt ut på Strinda Hageby byggetrinn 2 og Powerhouse. Dette heftet inneholder en oversikt over deltagere i prosjekteringsgruppen og målsettingen, hovedfasene i produksjon, milepæler, kontrollområder og fremdriftsbølger. I tillegg inneholder informasjonsheftet de to dokumentene som er beskrevet over.
VDC i Skanska – bli bedre sammen	Et midlertidig dokument som beskriver et førsteutkast til et informasjonshefte som beskriver en omforent VDC-implementering i Skanska Norge AS. Dette heftet er ikke et offisielt informasjonshefte og kan betegnes som en kladd, men noen utdrag er bruk i denne studien som et grunnlag for videreutvikling av et offisielt informasjonshefte om VDC.
ICE-agenda (mal)	Mal for agendaen som fylles ut på forhånd av ICE-møter.
ICE-møtereferat	ICE-møtereferat fra VDC-prosjektene i casestudien.
Faseplaner	Faseplaner fra VDC-prosjektene i casestudien
Målinger (PPU og rotårsaker)	Målinger av faseplanen (PPU og rotårsaker) som er gjennomført ved VDC-prosjektene i casestudien.

Tabell 6: Interne dokumenter som analyseres i studien

## 2.5 Datainnsamling (litteratursøk) – sekundærdata

I tillegg til primærdata som er beskrevet i kapittel 2.4 er denne studien også basert på tilgjengelig data i form av litteratursøk, også kalt sekundærdata. Litteratursøket danner grunnlag for teorikapittelet i denne studien og dette kapittelet presenterer metoden bak litteratursøket.



### 2.5.1 Databaser og søkemotorer

Når man skal finne litteratur til et tema finnes det mange ulike typer informasjonskilder man kan søke i. Informasjonskilder som finnes er bøker, tidsskriftsartikler, referanselitteratur, nettsider, offentlig informasjon, aviser, primærkilder og intervju. Det er lurt å bruke flere ulike typer for å få dekket temaet på en mest mulig korrekt måte og finne den mest relevante litteraturen. "På masternivå forventes det at man utfører et omfattende litteratursøk for å finne fram til relevant faglitteratur" (Olsson, 2011).

For å finne en artikkel må man søke i en database. Det finnes mange forskjellige databaser med ulike begrensninger som for eksempel type emner, geografisk eller språklig dekning, ulike typer materialer og tidsepoker. Det er derfor lurt å bruke flere databaser for å få tilstrekkelig bredde på litteratursøket. Når man har funnet en database man ønsker å bruke er det viktig å undersøke hva basen inneholder og hvordan den er bygd opp, hvilke språk som brukes og hvilket faglig nivå basen har. Man må også undersøke hvilket søkespråk databasen har. Følgende søkemotorer og databaser ble brukt i søket etter informasjonskilder i litteratursøket:

#### Oria

Oria er en norsk søkemotor som er tilgjengelig gjennom norske biblioteker. "Søketjenesten Oria er en felles portal til det samlede materialet som finnes ved norske fag- og forskningsbibliotek, supplert med en mengde elektronisk materiale fra åpne kilder" (BIBSYS, 2013). Dette er en troverdig norsk database som også gir tilgang til andre databaser som ORIA har tilgang til.

#### SCOPUS

Scopus er den største databasen av fagfellevurdert litteratur og inneholder vitenskapelige journaler, bøker og konferansepapirer. Databasen omhandler fagområdene vitenskap, teknologi, medisin, sosialvitenskap og kunst (ELSEVIER, 2016a).

### Compendex (Engineering Village)

Compendex er den mest omfattende ingeniørlitteratur-databasen i verden med over 20 millioner publikasjoner fra 77 land og 190 ulike ingeniørområder. Hver publikasjon velges ut nøye og kvalitetssikres gjennom fagfelleevaluering slik at all informasjon er relevant, nøyaktig og av høy kvalitet (ELSEVIER, 2016b).

### Stanford University Web Search

Da VDC-begrepet stammer fra Stanford University og mye av forskningen gjøres der, ble det også søkt i denne søkemotoren for å finne eventuelle artikler som ikke er publisert i andre databaser eller søkemotorer.

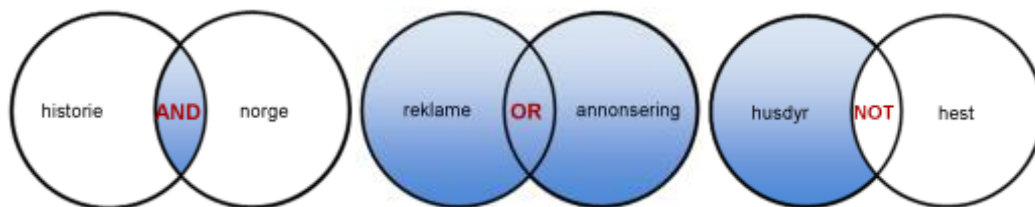
### Google scholar

Google scholar er en søkemotor som består av faglitteratur fra et bredt spekter av fagområder. Her finnes artikler, bøker osv. fra akademiske utgivere, faglige fellesskap, universitet og nettsider. (Scholar, 2016).

## **2.4.2. Søketechnik**

Når man skal søke i en database eller en søkemotor er det ifølge Olsson (2011) en fordel å starte med det store bildet, for så å zoome inn i kjernen på problemstillingen. Da er man sikker på å finne all relevant litteratur på temaet.

Søkespråket er måten man søker på og er ikke alltid lik i alle databaser, men de viktige prinsippene er felles. Det er viktig å finne riktige ord og begrep og eventuelle synonymer eller liknende begrep på det man er ute etter. Man kan utvide eller begrense søket ved å bruke såkalt boolske operatører mellom ordene eller søkefeltene, hvor de mest vanlige er OG, ELLER og IKKE (figur 4) (VIKO, 2011).



Figur 4: Boolske operatører (VIKO, 2011)

## **2.4.3. Kildekritikk**

Når søkeprosessen er ferdig og man har funnet en mengde litteratur om det aktuelle tema, er det viktig å være kritisk til informasjonen og evaluere kildene. Spesielt gjelder dette på internett hvor hvem som helst kan publisere litteratur, uten noen vurdering av materialet fra eksperter.

Bibliotekets bøker og nettsider er vurdert og kvalitetssikret, men man må allikevel være kritisk til denne litteraturen også.

Det finnes mange ulike kriterier man kan bruke til kritisk evaluering av litteraturen. En måte er å vurdere hvilken publikasjonstype kilden er. Tunge publikasjonstyper som tidsskrifter, bøker og offentlige rapporter er betydelig mer anerkjente enn for eksempel nettsider. Et annet eksempel er antall siteringer, hvor mange siteringer antyder at kilden er anerkjent. Dette vil imidlertid ikke alltid være et relevant kriterium, da litteraturen kan være ny eller temaet kan være omhandlet en nisje. Få siteringer betyr i disse tilfellene ikke nødvendigvis at litteraturen er dårlig. I andre tilfeller kan kilden være velsitert, men litteraturen er utdatert noe som gjør at den ikke lenger er relevant. Temaet i denne oppgaven er forholdsvis nytt, og dermed behøver ikke antall siteringer være et godt kriterium, men dersom kilden har mange siteringer kan det være et styrkende tegn. Det er derfor fokusert på å bruke kilder med mye siteringer i den grad det er mulig.

Det er også valgt å bruke VIKO (Veien til informasjonskompetanse) sine kriterier for kildekritikk, som er en oversiktlig måte å kritisk vurdere informasjonens verdi. Kriteriene presenteres i tabell 7.

Kriterier:	Se etter:
Troverdighet	Forfatteren: Hvilke kvalifikasjoner har han? Er han anerkjent? Tilknyttet en respektert institusjon? Kan han kontaktes? Utgever: Anerkjent? Hvem eier nettstedet? Er det gjort kvalitetsvurdering av informasjonen? Grammatikalske/ortografiske feil?
Objektivitet	Er informasjonen objektiv, balansert og i samsvar med informasjon som er kjent fra før? Er hensikten å informere og er alle sider av saken berørt? Finnes det interessekonflikter?
Nøyaktighet	Når ble kilden publisert/revidert? Er informasjonen oppdatert og består av omfattende, detaljert og eksakt fakta? Er argumentasjonen saklig og konsistent? Har kilden referanseliste?
Egnethet	Er kilden relevant for informasjonsbehovet? Hvilket område dekker kilden? Er det en vitenskapelig publikasjon som er beregnet på akademikere?

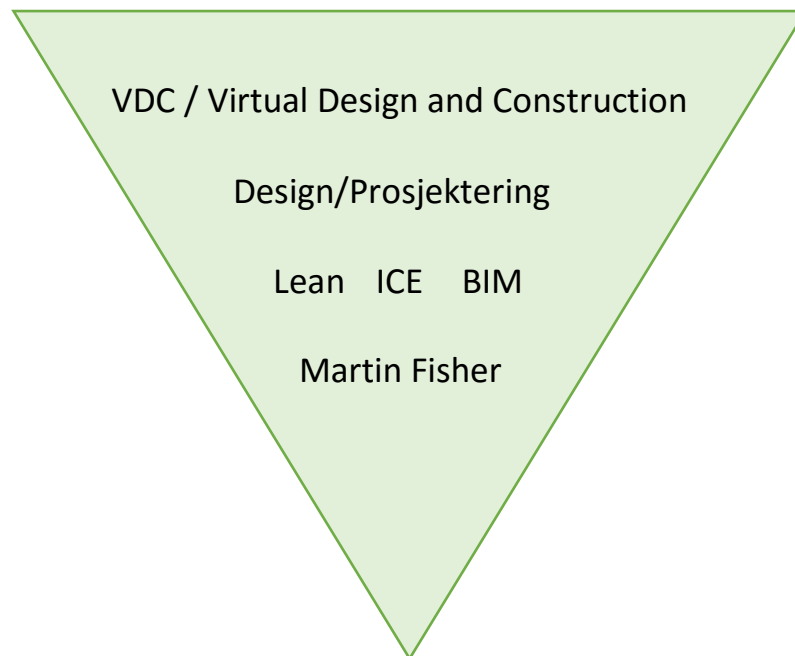
Tabell 7: Kriterier for kildekritikk (VIKO, 2010)

#### 2.4.4. Søkets oppbygning og søkestrategi

Innledningsvis ble det fokusert på å opparbeide en overordnet oversikt over VDC i prosjekteringsprosessen. Videre ble søkerord som "Lean", "ICE" og "BIM" brukt da dette er viktige prinsipper innenfor VDC. Søket ble også begrenset til å søke på enkelte forfattere som er kjent innenfor VDC, blant annet Martin Fisher. I studien ble det benyttet litteratur fra bøker, rapporter, forskningsartikler, nettsider og avhandlinger. Det ble i utgangspunktet fokusert på engelskspråklige publikasjoner da det viste seg å være lite akademiske litteratur publisert på norsk innenfor dette temaet. Norske publikasjoner var i hovedsak masteroppgaver som er



skrevet om VDC i bedrifter som for eksempel Veidekke og AF gruppen. Disse ble brukt for å gi en oversikt over hvordan VDC er implementert i Norge. Utføring av søket ble gjort systematisk ved å søke på de samme søkeordene i alle utvalgte databasene. Figur 5 viser en fremstilling av søkestrategien for dette litteratursøket.



Figur 5: Søkestrategi for litteratursøket

#### 2.4.5. Litteratursøk og søkematrise

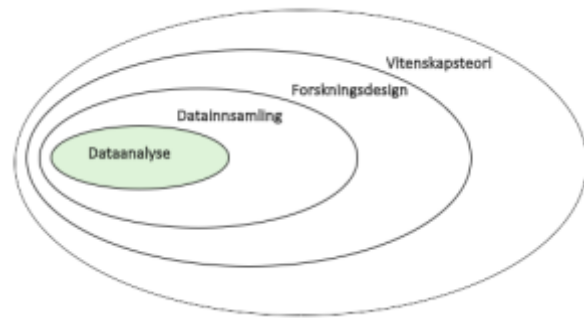
Tabell 8 viser en detaljert oversikt over hvilke søkeord som er benyttet i litteratursøket, med antall treff i de ulike databasene og søkemotorene. Det ble gjort noen begrensninger i søket for å få fram relevant litteratur, men tabellen viser kun søkeordene presentert og ikke detaljert begrensningene. Noen typer begrensninger som ble gjort var for eksempel språk (norsk/engelsk), fagområde (engineering), år (etter år 2000).

Søkeord	Databaser og søkemotorer				
	Oria	Scopus	Compendex	Stanford University	Google Scholar
VDC	4992	1416	2623	623	159 000
Virtual Design and Construction	7105	1944	13527	3350	2570000
VDC AND design	1945	485	1124	497	82 800
VDC OG Prosjektering	16	-	-	-	62
VDC AND BIM	193	25	28	139	2330
VDC AND Lean	33	11	17	42	3500
VDC (Martin Fischer)		14	11	13	1810

Tabell 8: Søkematrise for litteratursøket

## 2.6 Dataanalyse

Det siste nivået i forskningsløken er dataanalyse, og beskriver hvordan funnene fra datainnsamlingen skal analyseres. Dataanalysen av litteratursøk (sekundærdata) presenteres i kapittel 3. Teori. Dataanalysen av empiri (primærdata) presenteres i kapittel 4. Resultater.



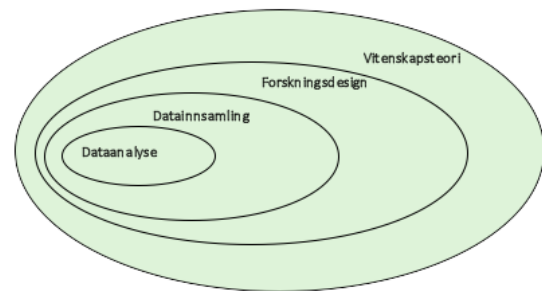
Formålet med dataanalysen er å skape orden og oversikt over datamaterialet som har blitt samlet inn. Innsamlet datamateriale gir i utgangspunktet ikke svar på formålet med studien, men forskeren må gi dataene en struktur slik at de egner seg til tolkning (Grenness, 2001). Busch (2013) beskriver at innenfor kvalitative studier arbeider noen med en systematisk meningskategorisering, mens andre er på jakt etter de gode historiene og fortellingene. En tredje analysemetode er å arbeide på et overordnet plan med ulike meningstolkninger. Etersom temaene i denne studien dekker et bredt felt og er sterkt fragmentert/oppsplittet er det vurdert som fornuftig å kategorisere dataanalysen basert på tema innenfor VDC.

I teorikapittelet presenteres dataanalysen av litteratursøket i kategorisert i følgende tema og delkapitler: 3.1 Prosjekteringprosessen, 3.2 Lean og 3.3 Virtual design and Construction.

I resultatkapittelet presenteres dokumentanalysen i kapittel 4.1 og casestudien presenteres i form av intervju, observasjoner og dokumentanalysen i kapittel 4.2. Ved å gjennomgå lydopptak fra intervjuene, notater fra intervju og observasjoner, og dokumentanalysen fremstilles empirisk data ved å systematisk strukturere data for hvert tema. Med andre ord gjennomføres dataanalysen som en systematisk meningskategorisering. Resultatet av dataanalysen skal gi grunnlag for tolkning i kapittel 5. Drøfting.

## 2.7 Metodekvalitet

Alle metodevalgene som er presentert i kapittel 2.1-2.5 påvirker kvaliteten på studien og bestemmer i hvor stor grad resultatene er til å stole på (Busch, 2013). I dette kapitlet diskuteres troverdigheten til studiet basert på pålitelighet (relabilitet), gyldighet (validitet) og overførbarhet (generalisering).



### 2.7.1 Troverdigheten til teorikapitlet

Kildene som brukes i teorikapitlet baserer seg på VIKO (2010) sine kriterier for kildekritikk (troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet). I tillegg er det brukt kilder med høy grad av siteringer så langt det lar seg gjøre. Dette er gjort for å øke troverdigheten til teorikapitlet. Teorikapitlet baseres på et stort kildegrunnlag, noe som i følge Yin (2014) øker validiteten til studien. Referanselisten gjør at det er mulig å etterprøve kildene i teorikapitlet og øker dermed relabiliteten. En stor andel av kildene som er brukt i teorikapitlet er internasjonale og derfor ikke alltid overførbar til norsk byggebransje. I tillegg bygger mange av kildene på hverandre og enkelte forfattere preger litteraturen. Dette kan føre til en ensidig framstilling av tema.

### 2.7.2 Troverdigheten til resultatkapitlet

Ettersom casestudien har benyttet seg av flere kvalitative metoder for innhenting av empirisk data (intervju, observasjon, dokumentanalyse) kan man i følge Yin (2014) si at studien har en styrket validitet gjennom at ulike påstander begrunnes fra ulike perspektiver og kilder. I tillegg er det benyttet nøkkelinformanter som bidrar til å øke troverdigheten.

Etterprøving av casestudier er ofte vanskelig og dette gjelder også for denne studien. VDC er et relativt nytt konsept og er preget av kontinuerlig forbedring med en bratt læringskurve. I tillegg er implementeringen av VDC prosjektspesifikk og varierer mye fra bedrift til bedrift da det avhenger av blant annet ambisjonsnivå og interne forutsetninger. Studien er derfor i utgangspunktet rettet mot å gi grunnlag for overførbarhet innenfor organisasjonen, selv om resultatene også kan gjelde for andre aktører i bransjen. Ettersom etterprøving ikke er hensiktsmessig og ville resultert i et annet datagrunnlag, er det viktig å redegjøre for hvordan casestudien ble gjennomført. Forskningsprosessen er derfor nøye beskrevet i metodekapitlet noe som øker den interne relabiliteten og kompenserer for etterprøvbarehet. Dette vil i følge Thagaard (2013) gjøre det lettere å overbevise kritikere om kvaliteten på forskningen, og dermed også verdien av resultatene.

Casestudien består av to ny oppstartede VDC-prosjekter i prosjekteringsfasen og anses som relevante med tanke på det som ønskes å undersøke i denne studien. Ettersom

prosjekteringsgruppen stort sett består av aktører som ikke har gjennomført VDC på tidligere prosjekt kunne validiteten ha blitt styrket ved å gjennomføre casestudier fra prosjekter som har mer erfaring med bruk av VDC. Dette ble ikke gjennomført på grunn av nødvendig avgrensning på bakgrunn av tidsbegrensningen. VDC-prosjektene valgt ut i casestudiene vurderer likevel å ha god validitet ettersom formålet med studien er å videreutvikle og forbedre implementeringen av VDC i prosjekteringsprosessen. Innad i VDC-prosjektene er det valgt at variablene for intervjuene, observasjonene og dokumentene dekker et bredt felt. Dette bidrar til å styrke validiteten ettersom alle elementer av VDC i prosjekteringsprosessen undersøkes.

Intervjuobjektene egnethet vurderes som god da de er ansett som sentrale roller i prosjekteringsprosessen. Intervjuobjektene i casestudiet har både ulike roller og kommer fra ulike bedrifter, noe som gir en god validitet ettersom organisasjoner med en annen kultur og mennesker med andre perspektiver kan bidra med viktig kunnskap. Validiteten kunne derimot styrkes ytterligere ved å intervju alle aktørene i prosjekteringsgruppen. Dette ble ikke gjennomført på grunn av tidsbegrensningen i studien.

Ved utarbeidelsen av dataanalysen av intervjuene ble det brukt både lydopptak i tillegg til egne notater for å øke påliteligheten. Intervjuguiden er også vedlagt for å verifisere metoden for datainnhenting. Spørsmålsformuleringen var åpen for å ikke lede intervjuobjektene fram til et ønsket svar. En mulig feilkilde ved gjennomføring av intervjuene kan være misforståelse av begreper som kan føre til feiltolkninger. Alle intervjuobjektene er anonyme for sikre at de forteller sin ærlige mening og øker dermed relabiliteten til studien.

Observasjonsanalysen gir relevante forutsetninger for intervjuet og bedret dermed kvaliteten på intervjuguiden. På samme måte vil intervjuet være med på å gi et mer helhetlig bilde av det observasjonene gir. En mulig feilkilde er at når personer er klar over at de blir observert og vet årsaken til observasjonen kan dette påvirke folks adferd og at de kanskje opptrer annerledes enn de ellers ville ha gjort. Dette anses derimot som lite sannsynlig i dette tilfelle, og det kan vurderes som en fordel at dette er en studentoppgave.

Interne dokumenter i dokumentanalysen er ikke tilgjengelige for offentligheten og dermed ikke etterprøvbare.

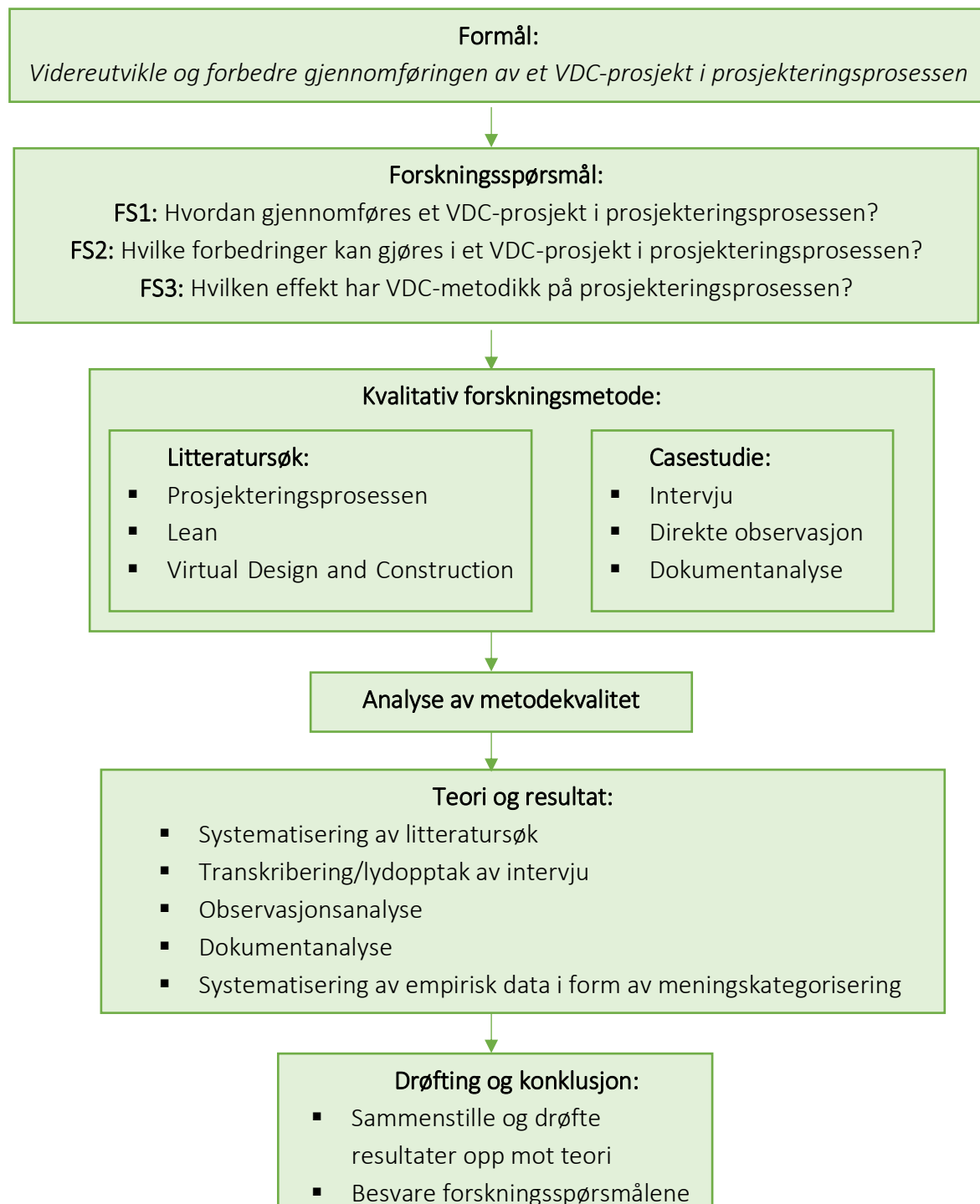
### **2.7.3 Troverdigheten til drøftingen**

Troverdigheten til studien styrkes ved å drøfte resultatene opp mot relevant teori i drøftingen. Det er i dette kapittelet fokusert på å ha et objektivt standpunkt og ikke vinkle resultatene i en bestemt retning. En mulig feilkilde er likevel at når drøftingen skal formidles så kan egne konklusjoner understøttes med selektive sitater fra intervjuer eller observasjonsnotater. Dette er unngått i størst mulig grad, blant annet ved å få frem de ulike meningene blant intervjuobjektene. Effekten av implementering av VDC er det for tidlig å konkludere med, slik

at resultatene viser kun tendenser som er oppfattet av intervjuobjektene og kan brukes som en pekepinn for framtidig forskning.

## 2.8 Oppsummering

Figur 6 viser en oppsummering av forskningsmetode- og strategi for denne studien som er diskutert i dette kapittelet.



Figur 6: Forskningsmetode- og strategi



## KAPITTEL 3

# Teori

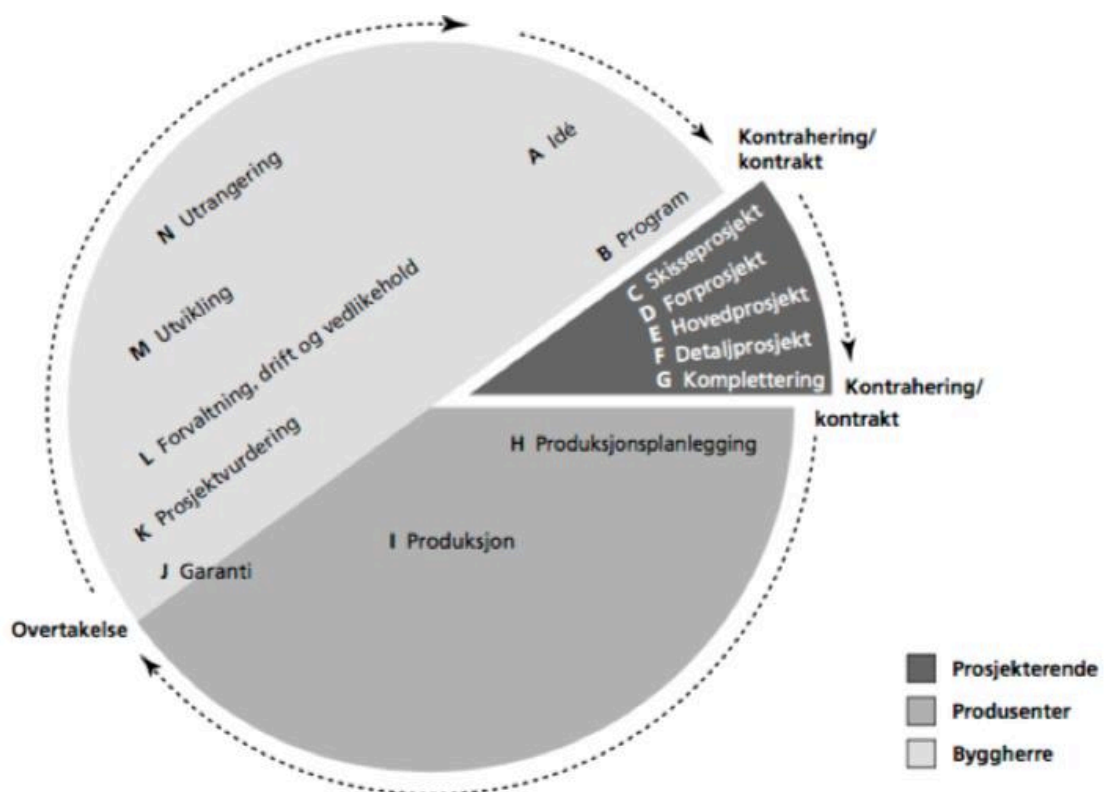
I dette kapitlet presenteres det teoretiske rammeverket for denne studien. Relevant litteratur er inkludert ut i fra formålet med studien og brukes i kapittel 5 til drøfting av forskningsspørsmålene opp mot empiri. Følgende emner presenteres i dette kapitlet: *Prosjekteringsprosessen, Lean og Virtual Design and Construction*.

## 3.1 Prosjekteringsprosessen

I dette kapitlet presenteres teori om prosjekteringsprosessen som et grunnlag for denne studien. Først presenteres en kort oversikt over byggeprosessen for å gi et bilde av prosjekteringsprosessen som en del av den totale byggeprosessen. Deretter redegjøres det for gjennomføring av prosjekteringsprosessen, begrepet integrert prosjektering og til slutt en kort beskrivelse av utfordringer som oppstår i prosjekteringsprosessen.

### 3.1.1 Byggeprosessen

Figur 7 viser de ulike fasene i en byggeprosess fra idé til utrangering. Figuren framstiller byggeprosessen som en lineær prosess med klare sekvensielle aktiviteter, men Meland (2000) forklarer at slik er det ikke i praksis. Spesielt vil delfasene A-H ha karakter mer som et kretsløp med koblinger mellom de tidligste fasene og de etterfølgende. For eksempel vil det i utviklingen av prosjektet være nødvendig eller ønskelig å veksle mellom programarbeid og skisseprosjekt. I praksis vil det derfor kunne foregå arbeider i flere delfaser parallelt (Meland, 2000).



Figur 7: Byggeprosess fra idé til utrangering (Meland, 2000)

Byggeprosessen innledes med å sette krav til, definere og utforme den bygningen eller den ombyggingen/rehabiliteringen som ønskes gjennomført. Bygningens tiltenkte egenskaper forhåndsbestemmes i denne delprosessen som tradisjonelt kalles programmerings- og



prosjekteringsfasen (delprosessene B-G). Resultatet av denne fasen presenteres i form av tegninger, beskrivelser og digitale modeller. Størrelsesorden 10%, ofte ned mot 5-7% av totalinvesteringen fram til bygningen tas i bruk legges ned i denne fasen av byggeprosessen. Selv om delprosessen er sterkt bestemmende for resultatene av de etterfølgende delprosessene, medgår en beskjeden del av totalinvesteringen i denne fasen (Meland, 2000).

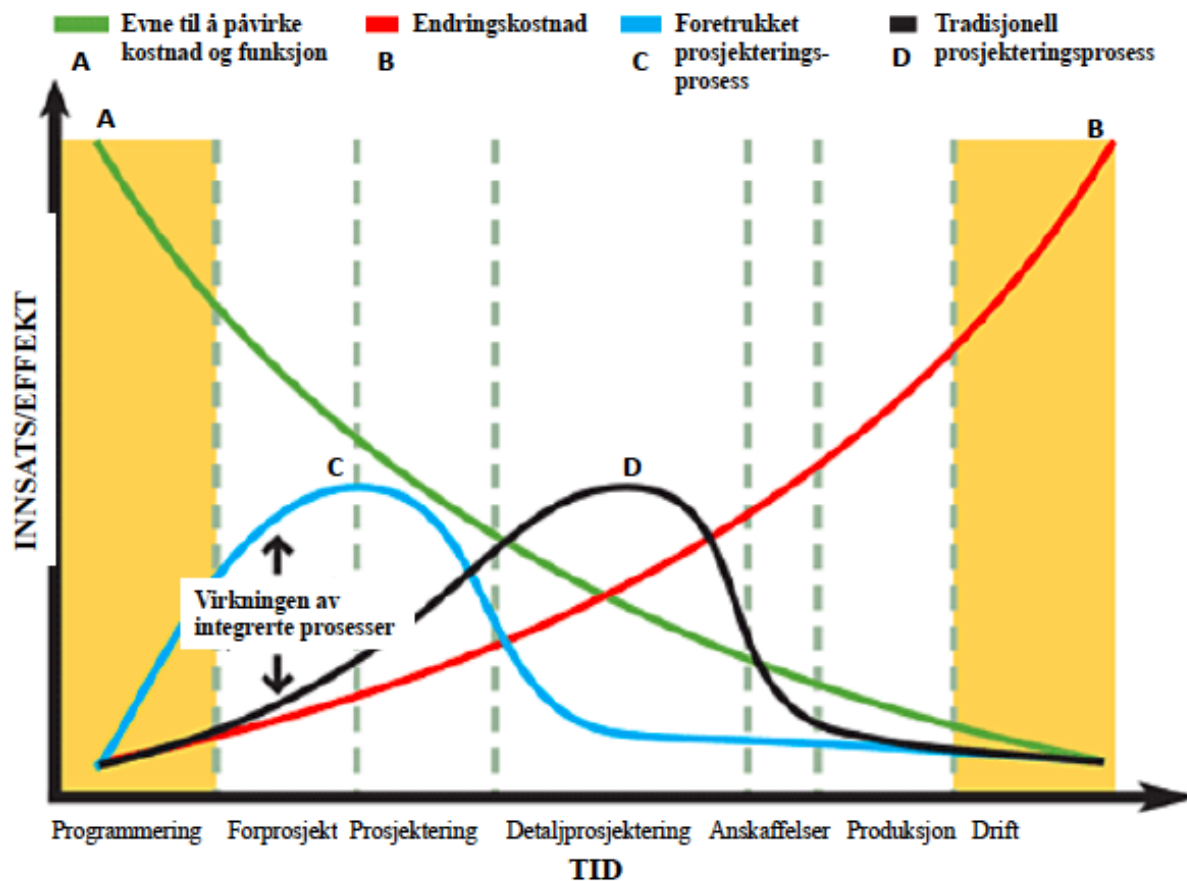
### **3.1.2 Prosjekteringsprosessen**

Meland (2000) beskriver prosjekteringsfasen som en prosess hvor plangrunnlaget for utforming av byggverket og driften blir produsert. Prosjekteringsprosessen kan forklares på minst tre ulike måter: (1) som en prosess som konverterer inputs til outputs, (2) som flyt av materialer og informasjon gjennom tid og rom, og (3) som en prosess som genererer verdi for kunder (Ballard og Koskela, 1998). Prosjekteringsfasen består av et tverrfaglig team som skal samarbeide og prosjektere et bygg som møter kravene til beboerne, tillegg til å tilfredsstille kravene til tid, budsjett og kvalitet (Khanzode et al., 2006).

Prosjekteringsprosessen er forbundet med høy usikkerhet og omfatter ofte en sirkulær framfor en lineær form for interaksjon mellom aktørene. Man kaller prosjekteringsprosessen en iterativ prosess, som betyr at man utfører en handling gjentatte ganger for å oppnå et bedre resultat. Prosjektering involverer både positive iterasjoner som forbedrer kvaliteten og negative iterasjoner som ikke produserer verdi og anses derfor som sløsing. Det kan være vanskelig å forutse de negative iterasjonene og luke dem ut under planleggingsprosessen. Prosjekteringen består av komplekse aktiviteter som er gjensidig avhengig av hverandre og krever derfor deling av ufullstendig informasjon (Hamzeh et al., 2009).

### **3.1.3 Integrrert prosjektering**

Integrrert prosjektering innebærer at relevante aktører involveres tidlig i prosjekteringsprosessen. Integrrert prosjektering er i tråd med både Lean-prinsipper og forståelsen om best mulig utnyttelse av mulighetene som ligger i BIM (Eastman et al., 2011). Forskning viser at 80 % av produksjonskostnadene er fastsatt i de første 20% av prosjekteringsprosessen, noe som betyr at aktører med kunnskap om byggbarhet, materialer, kostnader, framtidsplaner og så videre bør involveres tidlig (Brookfield et al., 2004). Figur 8 viser MacLeany-kurven som illustrerer påvirkningen av å ha aktører på plass tidlig i prosjekteringsfasen. Den grønne grafen viser hvor lett endringer kan inkorporeres i forhold til når i prosjektet det forekommer, og den røde grafen viser den økonomiske innvirkningen av en endring. Den svarte grafen illustrerer at kunnskapen om prosjektet i tradisjonelle prosjekter konsolideres (utnyttes) først etter prosjekteringsprosessen er over. Den blå grafen illustrerer hvordan kunnskapen skal konsolideres i en Lean-basert, integrrert prosjekteringsprosess, for å effektivt utnytte BIM (Tjell, 2010).



Figur 8: MacLeany-kruven (Arge et al., 2010)

### 3.1.4 Utfordringer i prosjekteringsprosessen

Prosjekteringsfeil representerer en betydelig kostnad i byggeprosjekter, noe som antyder stort forbedringspotensial. Undersøkelser gjort av Ingvaldsen (1994) viser at av byggeskader analysert av Norges Byggforskningsinstitutt kan ca. 35% av feil og mangler tilbakeføres til prosjekteringen. Andre undersøkelser, basert på erfaringer fra flere land, underbygger at prosjekteringsfeil og unnlaterelser forårsaker 35-55 % av byggeskadene (Meland, 2000).

Mens de prosjekterende begår de aktive feilene eller unnlaterelsene, bidrar organisasjonen de er en del av med det som kalles latente feil. Disse feilene er mangler og svakheter i det apparat som omgir prosjekteringsvirksomheten. For den utøvende prosjekteringen er prosjekteringslederen (PGL) en del av en slik organisatorisk ramme. Byggherre og hans organisasjon og bygningsmyndighetene er også del av denne rammen. Myndighetene har gjennom revidert plan- og bygningslov forsøkt å eliminere en del svakheter ved byggeprosessen. Et klassisk eksempel på latent feil er tvetydige signaler om prioriteringer fra byggherren. En sterk fragmentering og hyppige aktørskifter gjør det lett å skyve ansvaret for feil over til andre. Det er derfor viktig å fokusere på rammebetingelser, det system som prosjekteringsledere arbeider innenfor (Meland, 2000).

Prosjekteringsprosessen er ofte preget av kort tid fram mot oppstart av produksjonsfasen. For byggherren er byggetiden veldig ofte viktig, noe som fører til at tiden fra kontrakten skrives til bygningen overleveres ofte er svært komprimert. Dette resulterer i at prosjekteringsfasen og produksjonsfasen overlapper, for å rekke å ferdigstille bygget. Ettersom prosjekteringsfasen tar kortere tid enn produksjonsfasen er tidsfristene for prosjekteringen mest kritiske i oppstarten av produksjon (Gustad og Torp, 2016).

## 3.2 Lean

*Virtual Design and Construction tar i bruk både prinsipper og verktøy innenfor Lean. I dette delkapittelet presenteres utviklingen fra Toyota Production System (TPS) til Lean Construction. Deretter forklares begrepene Lean Project Delivery System (LPDS) og Last Planner System som er metoder fra Lean som er tilpasset byggebransjen. Denne teorien presenteres for å forstå de underliggende prinsippene og kontekst som har resultert i rammeverket Virtual Design and Construction.*

### 3.2.1 Toyota Production System (TPS)

Toyota Production System ble i følge Liker (2004) utviklet etter andre verdenskrig da lederne i Toyota innså at det Japanske markedet var for lite og uten mulighet til å konkurrere mot den vestlige bilindustrien. Japan hadde lidd store tap under krigen og det ble klart at de måtte tilpasse masseproduksjonen til det Japanske markedet. Ingeniøren Taiichi Ohno fikk i oppdrag å utvikle Toyotas produksjonsprosess, og det ble gjennomført studiebesøk til fabrikker i USA. De ble ikke imponert av det de observerte, og så i stedet mulighet til forbedringer. Det de oppdaget var at produksjonssystemene hadde mange feil, blant annet produserte de store varemengder som ble lagret, for senere kun bli flyttet til en annen avdeling. De så store kostnader med denne overproduksjonen, og det kunne ta uker før man oppdaget produktfeil gjemt i et parti. Ohno studerte også Ford's bok, *Today and Tomorrow* hvor det ble beskrevet viktigheten av kontinuerlig materialflyt, standardiserte prosesser og eliminering av sløsing. Selv om dette var intensjonen, var det ikke alltid Ford gjennomførte denne tankegangen. Ohno bestemte seg for å bruke Ford's originale ide om kontinuerlig materialflyt for å utvikle et system med flyt som endret seg i henhold til kundebehov og som samtidig var effektiv. I tillegg ble Ohno inspirert av amerikanske supermarkeder som brukte konseptet "pull system", som går ut på at matvarer etterfylles etterhvert som varen begynner å gå tom (Liker, 2004).

### 3.2.2 Lean Production

Bøker og artikler rapporterte at japanske bilfabrikker, og spesielt Toyota, var organisert på en måte som ga høyere produktivitet, bedre kvalitet og større fleksibilitet enn de amerikanske og europeiske konkurrentene (Rolfen, 2014). Begrepet Lean Production ble utviklet basert på Toyota Production System og ble først allment kjent når boken *The machine that changed the world* ble utgitt i 1990 (Moore, 2011). Boken består i følge Rolfen (2014) av rapporter fra et stort forskningsprosjekt som prøvde å finne ut årsaker til den japanske suksessen som startet fra slutten av 1970-tallet. Toyotas modell for organisering ble døpt Lean Production, og et hovedargument i studiene var at denne organisasjonsformen ikke er avgrenset til Toyota eller Japan, men kunne og burde bli fremtidens globale standard for høyvolumproduksjon (Womack et al., 1990).

I følge Standard og Davis (1999) er hovedprinsippene innen Lean Production å redusere antall prosesser, redusere syklustider og viktigst av alt redusere sløsing i produksjonsprosessen og forsyningskjeden, helt fra bestilling til overlevering og betaling. Liker (2004) illustrerer Lean Production ved hjelp av en pyramide i figur 9, der fundamentet av pyramiden er en ledelse som tar beslutninger basert på en langsiktig filosofi, selv om det går på bekostning av kortsiktig fortjeneste. Neste nivå på pyramiden handler om å bruke de riktige prosessene, som gjør at produksjonsflyten blir jevn, standardisert og at man bruker "pull"-prinsippet. Neste steg handler om å behandle mennesker og partnere med respekt, samtidig som man ser til at de blir utfordret og har mulighet til å vokse. Siste steget på pyramiden er problemløsning ved hjelp av Kaizen og Genchi Genbutsu.



Figur 9: Toyota Way modell (Liker, 2004)

Som en oppsummering av grunnelementene bak Toyota Production System og Lean Production presenterer Liker (2004) 14 prinsipper fordelt i fire kategorier: Filosofi, Prosess, Medarbeidere og partnere og Problemløsning:

Filosofi:

1. Baser lederbeslutningene på en langsiktig filosofi, selv om det skjer på bekostning av kortsiktige økonomiske mål

Prosess:

2. Skape kontinuerlig prosessflyt for å bringe problemer til overflaten

3. Bruk "pull" systemer for å unngå overproduksjon
4. Ha jevn arbeidsbelastning
5. Skap en kultur som stopper opp og retter opp problemer, for å oppnå rett kvalitet på første forsøk
6. Standardiserte oppgaver er grunnlaget for kontinuerlig forbedring og utvikling av ansatte
7. Bruke visualisering slik at ingen problemer er skjult
8. Bruk kun pålitelig og velutprøvd teknologi som passer de ansatte og prosessene

Medarbeidere og partnere:

9. Dyrk frem ledere som forstår arbeidet, etterlever filosofien og lærer den videre til andre
10. Utvikle enestående mennesker og team som følger bedriftens filosofi
11. Respekter nettverket av partnere og leverandører ved å utfordre dem og hjelpe dem til å bli bedre

Problemløsning:

12. Gå å se selv for å forstå situasjonen skikkelig
13. Bruk god tid på å ta beslutninger, vurder alle muligheter og iverksett beslutninger raskt
14. Bli en organisasjon som stadig lærer gjennom refleksjon og kontinuerlig forbedring.

Hovedproblemet med Lean er at begrepet er omfattende og upresist på samme tid, og det bærer med seg en evig debatt om kulturell tilpasning kontra standardisering på tvers av land, kulturer og bransjer (Rolfsen, 2014). Opprinnelig har altså Lean Production vært nært knyttet til én spesifikk bransje, nemlig bilindustrien og én bestemt bedrift – Toyota. Lean er i dag i bruk i en rekke bransjer som tradisjonelt ikke forstås som produksjon, slik som byggenæringen, programvareutvikling, sykehus og offentlig tjenesteyting (Rolfsen, 2014). I de neste delkapitlene beskrives hvordan Lean ble implementert inn i byggebransjen som videre ga grunnlag for rammeverket Virtual Design and Construction.

### **3.2.3 Lean Construction**

Byggebransjen er i følge (Koskela, 1992) kjent for å ha kritiske problemer som lav produktivitet, dårlig sikkerhet, dårlige arbeidsforhold og utilstrekkelig kvalitet. En rekke løsninger har blitt prøvd ut for å bekjempe disse problemene, for eksempel større grad av industrialisering (som prefabrikkering og modul-bygging), integrering av datasystemer og automatisering av byggeprosessen (Koskela, 1992).

Tidlig på 1990-tallet ble prinsippene fra Lean Production overført fra fabrikkindustrien til byggebransjen. Lauri Koskela introduserte Lean Production for byggebransjen og utfordret de til å utforske muligheten for å implementere konseptet og teknikken i byggeprosjekter (Koskela, 1992). I 1993 arrangerte han den første konferansen til "International Group for Lean

Construction” hvor en gruppe forskere bestemte seg for å ta i bruk navnet Lean Construction (Ballard og Howell, 2003a). I denne konferansen pekte han blant annet på at byggebransjen i liten grad har vært utsatt for internasjonal konkurranse og dermed krav om læring og tilpassing, og i tillegg hadde interessen fra det akademiske miljøet tradisjonelt vært lav. Dette ønsket han å forandre gjennom forskning, konferanser og økt publisering. De årlige konferansene om Lean Construction skulle være en møteplass for akademikere og praktikere og dermed en arena for gjensidig erfaringsutveksling. Etter hvert har flere slike arenaer for erfaringsutvikling kommet til også i Skandinavia, særlig Danmark har hatt mange prosjekter innenfor Lean Construction. I og med at oppføring av bygg og infrastruktur må gjøres lokalt, og gjøres kun en gang, er det internasjonale konkurranseaspektet noe mindre enn det er i for eksempel bilindustri. Samtidig foregår det stor grad av lokal konkurranse, men ofte først og fremst knyttet til pris, og i mindre grad til utvikling av nye metoder. I de seneste årene ser man også at utenlandske entreprenørbedrifter etablerer seg i Norge og vinner oppdrag. Denne utviklingen forventes å fortsette og vil kunne bidra til mer konkurranse, erfaringsutveksling, læring og innovasjon i bransjen (Rolfen, 2014).

Først i 1998 med publikasjonen *Rethinking Construction* ble Lean Construction en sentral del av byggebransjen (Green, 2011).

Andre viktige akademiske bidragsytere for Lean Construction har vært Glenn Ballard og Gregory Howell, begge professorer ved Stanford University. De har utviklet nye konsepter og verktøy, spesielt nye planleggingsystemer. Ved å analysere prosjektplaner i byggeprosjekter fant de at det vanligvis bare er omkring 50 prosent av planlagte oppgaver som blir fullført i henhold til planen. De mente at hovedproblemet var måten planleggingen ble utført på, særlig tendensen til å tenke veldig sekvensielt (Ballard og Howell, 2003a).

Howell (1999) beskriver at det å lede byggeprosjekter med Lean-prinsipper skiller seg fra tradisjonell byggemåte fordi man da:

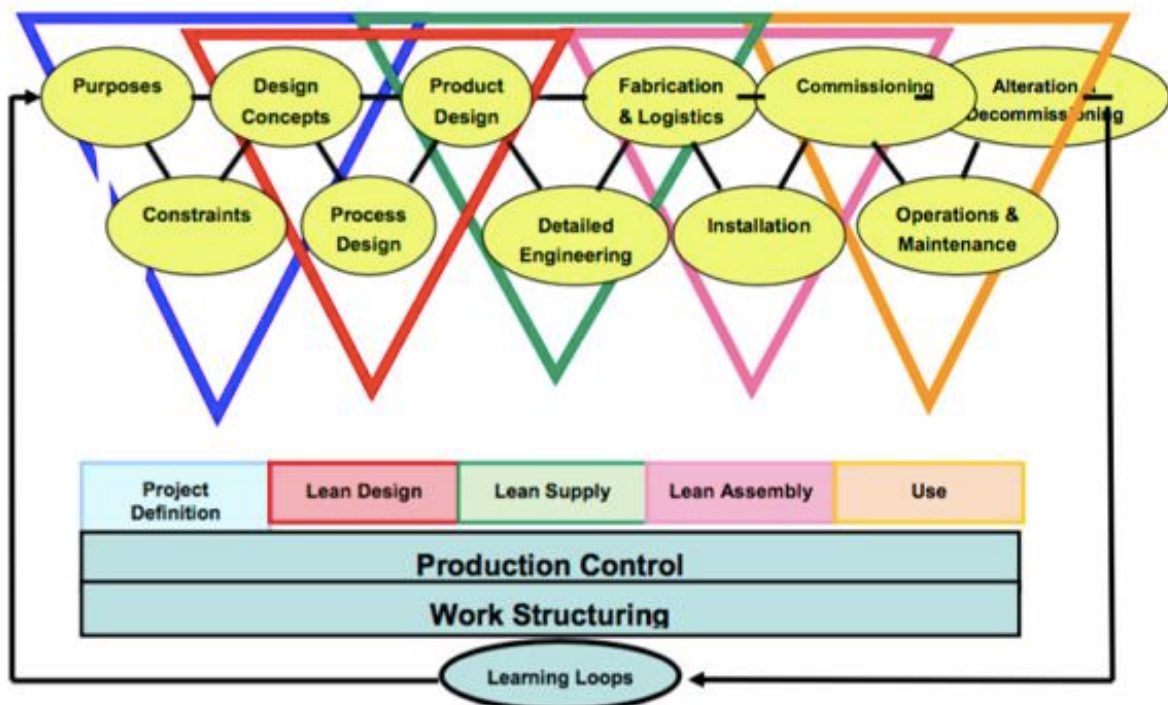
- har en klar målsetting for byggeprosessen
- maksimerer ytelsen for kundene
- har samtidig prosjektering av produkt og prosess
- har produksjonskontroll gjennom hele livstiden av prosjektet

### **3.2.4 Lean Project Delivery System (LPDS)**

Etttersom alle byggeprosjekter er unike og komplekse, med mye usikkerhet og tidspress, vil det være forskjeller i Lean Construction sammenlignet med samlebåndsproduksjonen som preger Lean Production. I følge Ballard og Howell (2003a) må teori, regler og verktøy utvikles for byggebransjens prosjektbaserte produksjonssystem og ledelse, og resultatet av dette er utviklingen av Lean Project Delivery System (LPDS). Lean Project Delivery System er utviklet av Lean Construction Institute og er basert på prinsipper som overfører teori fra Lean Production til

byggeprosjekter (Khanzode et al., 2006). Hovedforskjellen mellom tradisjonell byggeprosess og LPDS er definisjonen av faser, forholdet mellom fasene og deltagerne i hver enkelt fase (Ballard og Howell, 2003a). Noen av de viktigste funksjonene i LPDS er å involvere aktører tidlig i planleggingsprosessen, standardisere byggeprosessen som en verdigenererende prosess og skape en pålitelig arbeidsflyt blant aktørene.

Fasemodellen til LPDS er vist i figur 10 og er bygget opp av trekkanter som illustrerer overlappingen mellom fasene i byggeprosessen. For eksempel i *Project Definition* fasen inkluderes formål, prosjekteringskriterier og prosjekteringskonsept som overlapper med *Lean Design* fasen som består av prosjekteringskonsept, prosessdesign og produktdesign. I tillegg er to moduler, produksjonskontroll og arbeidsstruktur forlenget gjennom hele livssyklusen av prosjektet. (Khanzode et al., 2006)



Figur 10: Lean Project Delivery System (LPDS) (Ballard, 2000)

Grunnlaget for at prosjektet genererer verdi for kunden og øvrige interessenter etableres i den første fasen, *project definition*. Formål, behov og verdiene brukerne har til prosjektet vurderes gjennom dialog mellom fasens aktører og parter som skal involveres senere i prosjektet. I følge Ballard (2008) er målet i denne fasen ikke kun å gi det kunden vil ha, men å hjelpe kunden til å bestemme hva de vil ha. Avdekking av kundens verdier, designkonsept og kriterier muliggjør overgangen til neste fase, Lean Design. (Kristensen og Nielsen, 2001/2002)

I prosjekteringsfasen (Lean Design), utvikles og vurderes alternativer som besluttes senest mulig (eng: *last responsible moment*) slik at man oppnår mest mulig tid til å undersøke de ulike konstruksjonsalternativene (Kristensen og Nielsen, 2001/2002). I denne fasen må man i følge



Khanzode et al. (2006) ha en tverrfaglig tilnærming ved å ta hensyn til samspillet mellom prosjekteringskonseptet, produktet og prosessen. Denne fasen legger også vekt på å involvere aktører tidlig i prosjekteringsprosessen. I en iterativ prosjekteringsprosess er det lett å miste oversikten over hvordan og hvorfor valg er gjort, samt hvilken påvirkning endringer i produkt, prosess eller organisasjon vil ha på verdier og konsepter utformet av kunden i løpet av konseptutviklingsfasen. .

*Lean Supply* består av detaljprosjektering, fabrikasjon og levering, og denne fasen forutsetter at produkt og prosess er ferdigprosjektert slik at man vet hva som skal detaljprosjekteres, fabrikkeres og når komponentene skal leveres (Ballard og Howell, 2003a). Overgangen til utførelsesfasen er ikke tidsbestemt da utførelsesfasen ofte påbegynnes før prosjekteringen er ferdig. Generelt kan man si at LPDS er å strukturere byggeprosessen slik at den etterlever Lean tankegangen, og leverer et produkt som etterlever kundens behov uten sløsing (Kristensen og Nielsen, 2001/2002). Sløsing kan defineres som en aktivitet krever tid, ressurser og plass, uten å tilføye en verdi (Koskela, 1992).

### **3.2.5 Last Planner System (LPS)**

”Last Planner System of Production Control” (LPS) er et system for produksjonskontroll og stammer fra Lean Construction Institute og er en viktig del av LPDS (se figur 10). Last Planner har hatt stor suksess i produksjonsfasen hvor implementeringen har ført til økt planpålitelighet, forbedret ytelse i produksjon og en forutsigbar arbeidsflyt (Hamzeh et al., 2009). Hamzeh et al. (2009) beskriver i sin case studie at det stilles spørsmål om LPS lar seg overføre til prosjekteringsfasen, spesielt med tanke på at prosjekteringsprosessen involverer iterasjoner og sirkulære kjeder av iterasjoner mellom disipliner. I prosjekteringsfasen kan dokument- og tegningsproduksjonen ses på som informasjon (i stedet for materialer i produksjonsfasen), som bearbeides til produkter (Ballard et al., 2009).

Selv om LPS er mest brukt i produksjonsfasen, viser flere studier at prosjekter har hatt store effekter ved bruk av LPS i prosjekteringsfasen. Fosse og Ballard (2016) beskriver i sin case studie at bruk av LPS førte til bedre samarbeid i prosjekteringsgruppen, klarere oppgavebeskrivelse, bedre rekkefølge på aktiviteter og økt gjennomsiktighet (eng: transparency) i prosessen, i tillegg til at potensielle problemer blir identifisert og løst tidsnok. Institute (2013) beskriver at selv om prosjekteringsfasen ikke har samme logikk som produksjonsfasen, skaper Last Planner System forpliktelse mellom aktørene i prosjekteringsgruppen, men påpeker at noen tilpasninger må gjøres fra produksjons- til prosjekteringsprosessen. Ballard et al. (2009) fremhever tre hovedfaktorer som utgjør en utfordring ved gjennomføring av produksjonskontroll i prosjekteringsfasen:

1. Store variasjoner i arbeidsoppgaver i prosjekteringsfasen reduserer muligheten til å forutse syklusen til framtidige aktiviteter. Prosjekteringsalternativer oppstår som et resultat av fruktbare diskusjoner og ideer, og kan ikke fullt ut forutsees på forhånd.

2. Stor gjennomføringshastighet av prosjekteringsaktiviteter påvirker muligheten til å fjerne hindringer og forberede sunne aktiviteter.
3. Gjensidig avhengighet mellom prosjekteringsaktiviteter øker kompleksiteten til arbeidet og krever annen type planlegging, aktiviteter og utførelse.

Med disse utfordringene tatt i betraktning, har LPS følgende prinsipper når det gjelder planlegging i prosjekteringsfasen (Hamzeh et al., 2009):

1. Mer detaljert planlegging jo nærmere man kommer gjennomføring av aktiviteten (kort prognoseperiode på grunn av større usikkerhet enn i produksjonsfasen)
2. Utvikle arbeidsplaner med de som skal utføre arbeidet
3. Identifiser og fjerne hindringer (eng: constraints) sammen som et team på forhånd for å klarlegge for aktiviteten og øke relabiliteten til planen
4. Lag pålitelige løfter og gjennomfør aktiviteter basert på koordinering og aktive forhandlinger med prosjekteringsgruppen
5. Lær fra feil i planleggingen ved å finne rotårsaker og utfør forebyggende tiltak

Tabell 9 viser en oversikt over prinsippene i LPS sammenlignet med tradisjonell praksis.

Last Planner System	Tradisjonell praksis
Forplikter seg bare til aktiviteter som er definert og sunn, med definert størrelse og rekkefølge.	Jobber rundt problemer som oppstår
Gir beskjed med en gang man mistenker at man ikke kan fjerne en hindring tidsnok	Gir beskjed i det øyeblikket man vet at man ikke kan fjerne en hindring
Planlegger i fellesskap med de som skal gjøre arbeidet som planlegges	Lager framdriftsplaner uten de som skal utføre planen
Når avtaler ikke holdes, analyseres årsaken for å finne tiltak som hindrer gjentakelse	Når en ansatt ikke gjør jobben sin, blir de erstattet

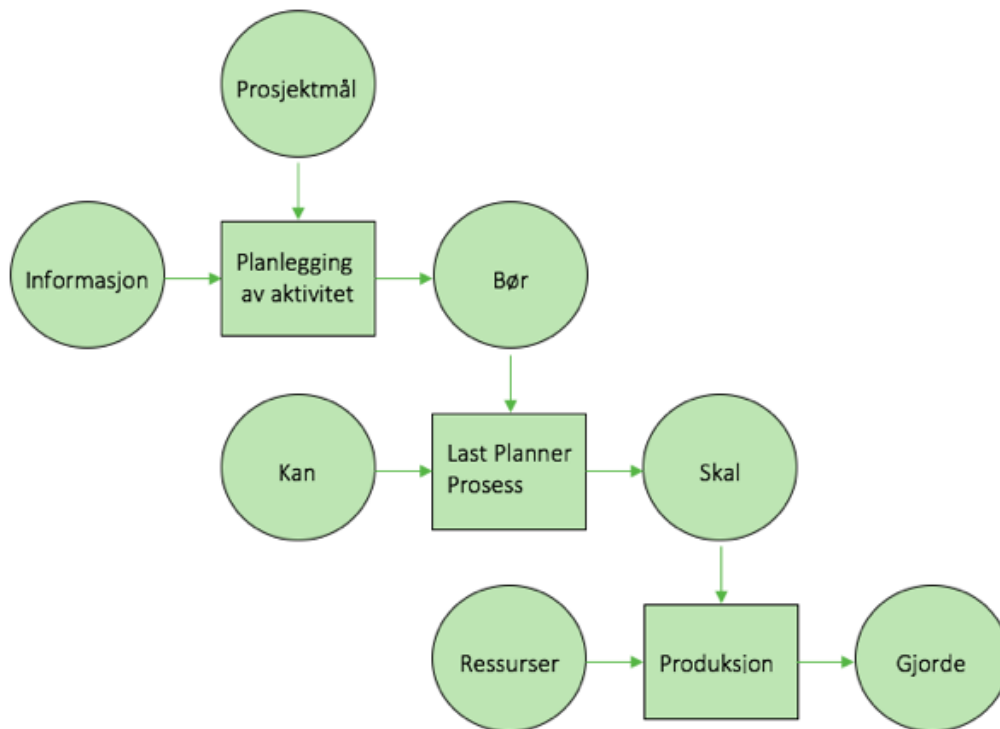
Tabell 9: Forskjell mellom Last Planner System og tradisjonell praksis (Ballard, 2014)

Den underliggende filosofien i LPS er i følge Ballard (2000) at alle forutsetningene for å utføre en bestemt aktivitet må være på plass, før det blir tildelt en arbeidsgruppe. I tillegg til at LPS overfører ansvaret fra prosjekteringsleder til aktørene som er i direkte kontakt med det arbeidet som skal gjøres.

### Plansystemet

Ballard (2000) beskriver at det ofte i tradisjonell praksis ikke skilles mellom hva som BØR utføres og hva som rent fysisk KAN utføres. Dette medfører at planleggingen gjennomføres, uten å ta i betraktning hvorvidt det er oppstått forhindringer som gjør det umulig å følge planen. Last Planner kan forstås som en mekanisme for å transformere det som BØR gjøres til det som KAN

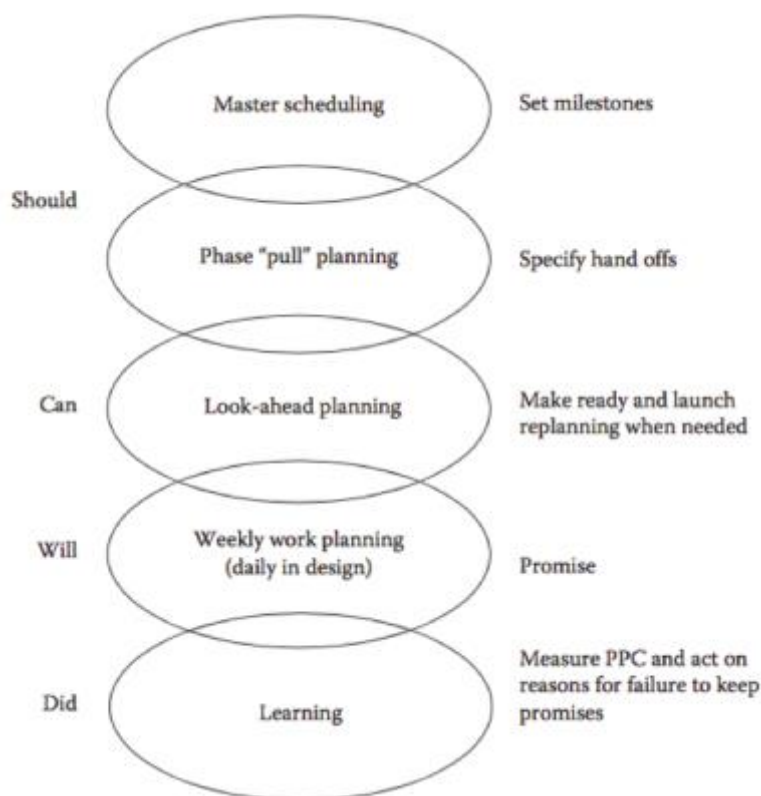
gjøres, og dermed klarlegge arbeidet som skal planlegges. Alle begrensninger som hindrer at en aktivitet kan gjøres må fjernes. Når planen fastsettes forplikter de utførende seg til at arbeidet SKAL utføres. Det betyr at det som BØR utføres og det som SKAL utføres, planlegges innenfor av hva som KAN utføres. Dette kalles for "BØR-KAN-SKAL-GJORDE"-prinsippet (eng: SHOULD-CAN-WILL-DID) og er illustrert i figur 11.



Figur 11: The Last Planner System (Ballard, 2000)

### Plannivå

LPS opererer med tidsplaner på ulike nivåer; *hovedfremdriftsplan*, *faseplan*, *utviklingsplan* og *ukeplan*. *Hovedfremdriftsplanen* representerer en overordnet oversikt over fasene i prosjektet og dokumenterer milepælene for disse fasene. Denne planen er som regel inkludert i entreprenørens tilbud og er dermed en optimistisk prognose av hovedfasene, basert på tidlig informasjon i kontraktokumentene (Forbes og Ahmed, 2010). *Faseplanen* tar utgangspunkt fasene i hovedfremdriftsplanen og utvikler en mer detaljert arbeidsplan som spesifiserer leveransene mellom aktørene involvert i fasen (Ballard og Howell, 2003b). *Utviklingsplanen* tar for seg et tidsintervall i faseplanen på 6-8 uker og kontrollerer arbeidsflyten. Aktivitetene må ha en håndterbar størrelse slik at de er tilstrekkelig detaljert, være lett målbare og sunne (Forbes og Ahmed, 2010). *Ukeplanen* tar for seg utviklingsplanen og er en detaljert arbeidsplan som oppdateres ukentlig. Aktivitetene i ukeplanen må være detaljert, sunne og ha en optimal sekvens. Størrelsen på aktivitetene må være dimensjonert for kapasiteten aktøren har til å være produktiv og samtidig oppnåelig. De ulike nivåene i planene fra LPS er illustrert i figur 12.



Figur 12: Plannivåene i LPS (Forbes og Ahmed, 2010)

Utforming av planene i Last Planner System gjennomføres i samlokaliserte møter med alle relevante aktører tilstede. Forbes og Ahmed (2010) definerer prosessen for å utarbeide planene slik:

1. Ha en agenda klar til møtet
2. Introdusere alle deltagerne slik at aktørene blir kjent med hverandre
3. Sikre at all nødvendig prosjektinformasjon er tilgjengelig
4. Bruk "post it-lapper" som henges opp på en veggplansje
5. Bruk bakoverplanlegging (pull) for planlegging av aktiviteter
6. Fremme kreativitet (ved kontrollert kaos) for å generere ideer
7. Identifiser flyt og verifiser med aktørene
8. Dokumenter planen (for eksempel MS project)
9. Gjennomgå og finjuster planen

### Verktøy i Last Planner System

Last Planner System kan deles inn i to hovedelementer, *styring av arbeidsoppgaver* og *koordinering av arbeidsprosessen*. Styring av arbeidsoppgaver refererer til styringen av selve arbeidet, hvor oppmerksomheten rettes i mot en bedre oppgavedefinisjon i tillegg til en kontinuerlig læringsprosess blant aktørene. Koordinering av arbeidsprosessen har til hensikt å sikre flyt i arbeidsprosessen, og at aktiviteter utføres i optimal rekkefølge. Det finnes en rekke

verktøy som sikrer at planleggingsverktøyet kan anvendes i forhold til disse to hovedelementene (Kristensen og Nielsen, 2001/2002):

*Styring av arbeidsoppgaver:*

- **Prosent planlagt utført (PPU)**

Effektiviteten og kvaliteten av planen kan indirekte måles gjennom hvor mange av de planlagte aktivitetene som ble gjennomført. Amerikansk forskning har vist at en PPU på 35-65 % er en gjennomsnittlig størrelsesorden på byggeplasser, noe som tyder på et stort forbedringspotensial.

- **Løpende forbedringer**

Ved å analysere hvorfor det er oppstått avvik mellom planleggingen og realiseringen av arbeidsoppgavene, kan årsakene kartlegges og forbedre fremtidig planlegging. Formålet med å gjennomføre løpende forbedringer er å gradvis endre arbeidsoppgavene fra "brannslukkings-oppgaver" til en mer effektiv prosessledelse. Den umiddelbare årsaken til at en aktivitet ikke er utført kan inndeles i hovedkategorier ut ifra de syv forutsetningene, men dette utelukker ikke at den grunnleggende årsaken finnes tidligere i prosessen. For en grundigere årsaks-virkningsanalyse kan man bruke metoder som for eksempel "5 why's", som går ut på å spørre hvorfor aktiviteten ikke ble gjennomført 5 ganger. 5 why-analysen er i følge Olsen et al. (2015) 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.

Enn annen metode som kan brukes er "Plus-Delta Analyse" som går ut på å stille deltagerne spørsmålene "hva produserte verdi?" og "hva kunne produsert mer verdi?". Resultatene vil ofte avsløre at årsakene til det oppståtte problemet ligger tidligere i prosessen og kan ikke fjernes helt i det igangværende prosjektet. Disse årsakene bør i stedet noteres ned og tas opp i en etterfølgende prosjektevaluering, som danner grunnlaget for en erfaringsoppsamling for å hindre lignende problemer i fremtidige prosjekter. Ballard (2008) anbefaler å fokusere på tiltak for å hindre at planen ikke holdes og gi ros for læring, framfor å rette skyld. I tillegg anbefales det å fokusere på endringen av PPU over tid, framfor det absolutte PPU-nivået, ettersom det som har en betydning er hvor fort man kan lære å planlegge bedre.

### *Koordinering av arbeidsprosessen:*

- **Sunne aktiviteter (7 forutsetninger)**

Hvorvidt en aktivitet KAN utføres er bestemt av hvorvidt en aktivitet er sunn. Koskela (2000) beskriver sju forutsetninger for at en aktivitet kan betegnes som sunn, når alle disse er oppfylt gir LPS "grønt lys" for at aktiviteten SKAL utføres.

1. Arbeidskraft med riktig kompetanse og kapasitet
2. Utstyr skal være tilstede
3. Materialer skal være tilstede (materialer=underlag for prosjekteringsfasen)
4. Tilstrekkelig plass til å utføre arbeidet (tilrettelagte aktiviteter)
5. Ytre forhold (som for eksempel vær og offentlige tillatelser)
6. Prosjekteringsgrunnlag i form av tegninger og beskrivelser skal foreligge
7. Foregående aktivitet skal være avsluttet

- **Pull planning**

Pull planning er en metode for å planlegge hvor materialer eller informasjon kun tillates i prosessen dersom prosessen er kapabel til å gjennomføre arbeidet (Ballard, 2000). "Pulling" forsikrer at arbeidskapasiteten brukes til å gjøre det arbeidet som maksimalt utvikler et prosjekt mot sine mål.

- **Planlegging av arbeidsbuffer**

Planlegg en buffer av sunne aktiviteter som kan utføres dersom det oppstår problemer med planlagte arbeidsoppgaver, for å sikre kontinuitet i prosessen.

### 3.3 Virtual Design and Construction

I dette delkapittelet presenteres litteratur som er relevant fra temaet Virtual design and Construction (VDC). Innledningsvis introduseres begrepet VDC, sammenhenger mellom VDC og Lean og en beskrivelse av begrepene Big Room/iRoom. Videre presenteres hovedelementene innen VDC; ICE, BIM, planlegging og kontroll av prosess/produksjon og målinger.

#### 3.3.1 Introduksjon til VDC

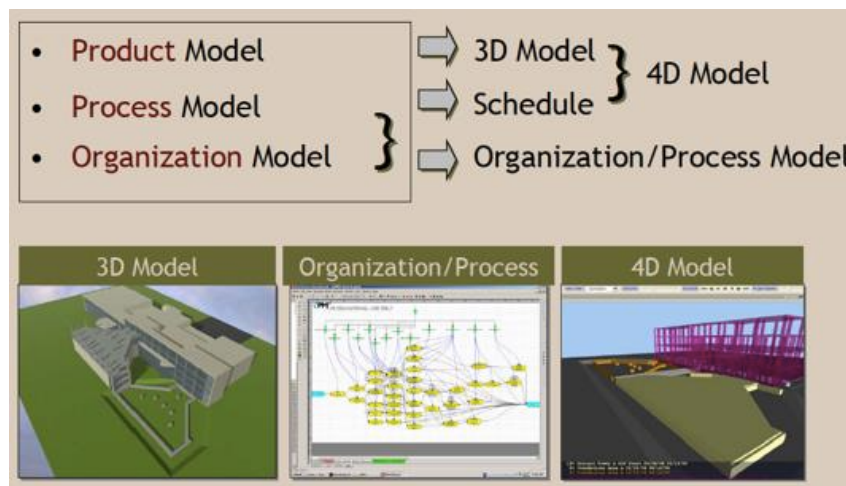
Virtual Design and Construction (heretter omtalt som VDC) ble introdusert i 2001 (Kunz og Fischer, 2009) og stammer fra forskning over de siste to tiårene ved Center of Integrated Facility Engineering ved Stanford University (Khanzode et al., 2006). Center of Integrated Facility Engineering (heretter omtalt som CIFE) har en visjon om å være et verdensledende akademisk forskningscenter for VDC i byggebransjen, for å støtte en eksepsjonell og pålitelig praksis når det gjelder planlegging, prosjektering, produksjon og drift av bærekraftige bygg (CIFE, 2017).

CIFE har følgende definisjon på VDC:

*“The use of multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the Product (i.e., facilities), Work Processes and Organization of the design - construction - operation team in order to support business objectives (Kunz og Fischer, 2009).”*

I følge Fischer (2005) har CIFE en visjon om at prosjekteringsgruppen rutinemessig utfører prosjektering av bærekraftige byggeprosjekter og raskt produserer byggbare (eng: constructible) planer ved bruk av VDC metoder.

Målet med VDC er å bruke virtuelle modeller av produkt, organisasjon og prosess (POP-modeller) for å simulere kompleksiteten av byggeprosessen (eng: project delivery), forstå fallgruver prosjektteamet kan komme borti, analysere disse fallgruvene og løse dem virtuelt før produksjonen i det heletatt har begynt (Khanzode et al., 2006). Produkt forstås i denne sammenhengen som selve bygningen, organisasjon er alle aktørene som skal definere, prosjektere, produsere og drifte bygget, og prosessen er det organisasjonsteamet følger mens prosjektarbeidet fremstilles. POP-modellene skal i henhold til VDC-filosofi produseres tidlig i prosjektet, før det er tatt store avgjørelser med tanke på tid eller penger (Khanzode et al., 2006). Figur 13 viser en oversikt over sammenhenger mellom produkt-, prosess- og organisasjonsmodellen.



Figur 13: Beskrivelse av produkt- prosess og organisasjonsmodell Fischer (2005)

Tabell 10 viser en oversikt over en rekke verktøy og teknikker som har blitt utviklet som en del av rammeverket VDC (Khanzode et al., 2006).

Verktøy/teknikk	Type	Beskrivelse
Produktvisualiserings verktøy	3D modelleringsteknologi (AutoCAD, Revit)	Blir brukt for å oppnå en felles forståelse for alle aktørene samt koordinere aktiviteter mellom ulike disipliner
Produkt- og prosessmodelleringsverktøy	4D visualiseringsverktøy (CommenPoint Project 4D og NavisWorks Timeliner)	Visualiserer hvordan bygget vil produseres over tid
Organisasjons- og prosessmodelleringsverktøy	VDT og SimVision	Simulerer organisasjonens innsats som trengs for å ferdigstille prosjektet og identifisere potensielle risikoer i prosjektorganisasjonen som kan lede til prosjektforsinkelser
Online samarbeidsverktøy	iRoom, Project Based Learning lab	Muliggjør samlokalisering av deltakere for å samarbeide rundt en felles modell for produkt, organisasjon og prosess
Analyse av tverrfaglige møter	DEEPAND	Teknikker for å analysere effektiviteten av tverrfaglige møter for å møte målet til prosjektet og kunden.

Tabell 10: Verktøy og teknikker i VDC basert på Kunz og Fischer (2009)



## VDC og Lean

Tankesettet bak VDC kommer fra Lean Construction og skal gjøre byggeprosjekter slankere i alle faser ved blant annet å involvere aktører, måle ytelsen på prosesser og kontinuerlig forbedre praksis (Linge, 2017). VDC verktøyene og prinsippene kan i følge Khanzode et al. (2006) brukes i alle fasene av Lean Project Delivery System. LPDS gir et rammeverk til hvordan man kan strukturere byggeprosessen, men beskriver ikke spesifikke verktøy eller metoder for å oppnå målsettingen om Lean Production System. Kort fortalt kan man si at VDC muliggjør LPDS (Khanzode et al., 2006). Mandujano et al. (2017) forklarer at når Lean prinsipper, metoder og verktøy anvendes i alle fasene for VDC, kan man ta bedre nytte av begge metodikkene. Fischer (2011) beskriver sammenhengen mellom Lean-prinsipper og VDC slik:

- "Pull-planning" (Aktører må forutse hva som skal etterspørres når og fra hvem. Aktører utfører kun aktiviteter som er etterspurt)
- Langsiktig filosofi når man tar kortsiktige valg
- Alle muligheter vurderes
- Planer produseres i samarbeid med de som skal utføre arbeidet
- Få dårlige nyheter tidlig ved å gjennomføre målinger
- Fjern alle hindringer

CIFE beskriver at de ikke presenterer en standard eller en detaljert beskrivelse av VDC-modeller og VDC-metoder, da de pragmatisk antar at en langtidsløsning vil ta lang tid å utvikle. De oppfordrer individuelle prosjektgrupper og bedrifter til å gjøre så godt de kan ved å stegvis implementere VDC, og legger derfor opp til individuelle tilpasninger. De oppfordrer derimot til å ha en strengt disiplin for detaljnivå av VDC-modeller og prosessen for å skape de detaljene som prosjektet ønsker (Kunz og Fischer, 2009).

## Big Room/iRoom

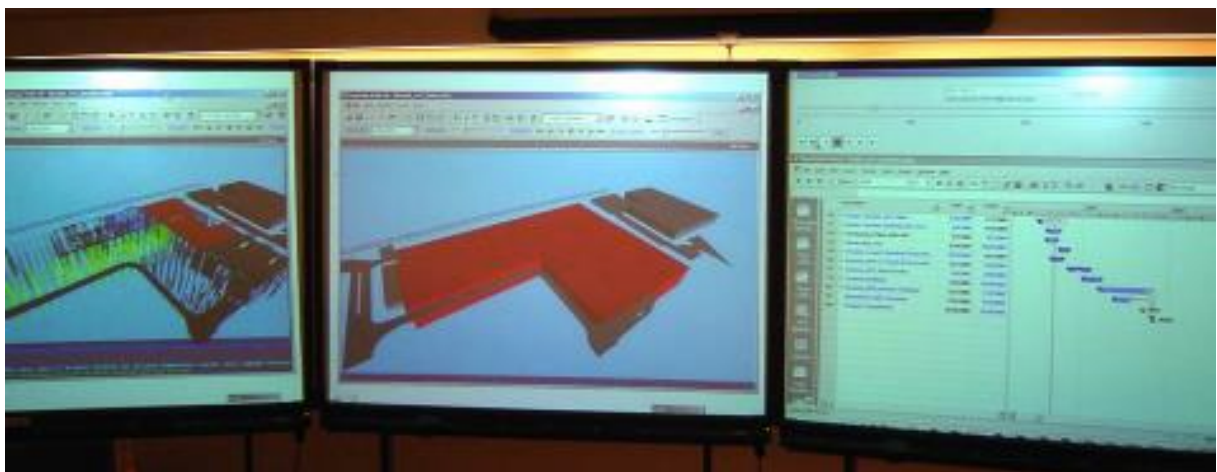
I henhold til Lean-filosofi er samarbeid veldig viktig. Det er viktig at alle har god kunnskap om hele prosessen, og at alle har forståelse for hvorfor valg tas, slik at alle forstår hva som genererer verdi senere i prosessen og hvordan man kan eliminere sløsing på nåværende tidspunkt. For å skape et miljø i prosjekteringsfasen hvor alle vet hva alle gjør og hvorfor, ble konseptet Big Room introdusert. Konseptet stammer fra Toyota og er en plattform for samlokalisert samarbeid hvor diskusjoner og beslutninger kan gjennomføres med alle aktører tilstede (Tjell, 2010).

CIFE utviklet i starten av 2000-tallet en prototype for et integrert, høyteknologisk arbeidsmiljø kalt iRoom. iRoom er et stort møterom som karakteriseres av flere store skjermer som gir alle møtedeltagerne felles visning av store mengder informasjon i umiddelbar nærhet (Schreyer et al., 2005). Prosjekteringsgruppen kan bruke iRoom i møter og skaper en atmosfære som legger

til rette for en integrert prosjekteringsprosess og et godt samarbeid mellom aktørene (Liker, 2004). Utformingen av iRoom baseres på følgende konsepter (Schreyer et al., 2005):

- Bruke flere programvarer og flere skjermer for å visualisere ulike deler av samme modell samtidig
- Bruke flere programvarer og flere skjermer slik at brukeren kan sammenligne ulike alternativer av modellen samtidig
- Separere kontrollen for visualisering fra programvaren som innehar prosjektmodellen, for å muliggjøre visualisering av data fra flere programvarer

I møter som holdes i iRoom kan skjermene visualisere framdriftsplaner, 3D-og 4D modeller, MS Excel kostnadsanalyse og så videre. I stedet for å jobbe med papirkopier av agendaen, kan deltagerne fokusere på en elektronisk agenda på en skjerm. Dersom en møtedeltager velger et objekt i en programvare, vil relevant prosjektinformasjon vises og utheves i alle korresponderende programvarer på de andre skjermene (Liston et al., 2000). På denne måten kan deltagerne enkelt oppdage kritiske forhold mellom relaterte objekter. Figur 14 viser et iRoom med tre skjermer, hvor to av skjermene viser to ulike deler av en 4D-modell og den siste skjermen viser framdriftsplanen. Hensikten med iRoom er i følge Fischer (2005) å forstå, akseptere og organisere kompleksiteten til et byggeprosjekt for å rette fokus på kvalitet og en rask byggeprosess.

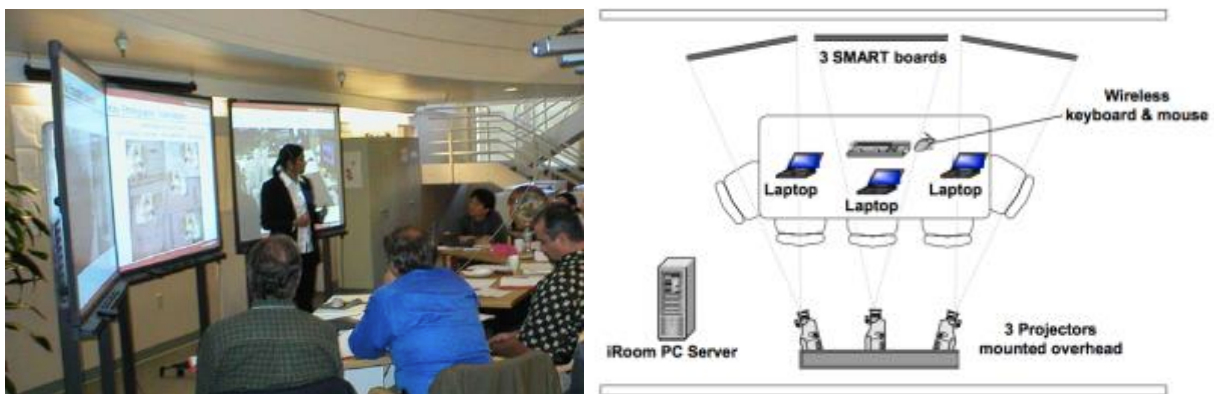


Figur 14: iRoom med tre skjermer som viser to ulike deler av 3D-modellen og framdriftsplanen (Fischer, 2005).

Det er lenge blitt brukt dataprogrammer for å utarbeide både tegninger og prosjektplaner i papirform. Kunz og Fischer (2009) poengterer at dokumenter i papirform ikke bidrar til integrering av disipliner og gjør at selv enkle endringer blir tidkrevende å endre. I tillegg er tegninger og planer i papirform vanskelig å forstå for mange aktører. POP-modeller vil i motsetning til papirform være fleksible, visuelle og interaktive. Den som genererer en framdriftsplan kan vise den til andre aktører som har ansvar for BIM-modellen eller områder innen prosjektering og produksjon. De kan igjen prosjektere CAD-modellen eller digitale bilder, ideelt sett samtidig med planen, på hver sin smartboard-skjerm i prosjektmøter

POP-modeller kan presenteres, forklares og oppdateres samtidig på hver sin skjerm. Interaktive modeller har også begynt å bli gjensidig parametrisk på den måten at endringer i en modell raskt eller umiddelbart fører til endringer i alle andre avhengige modeller. På denne måten vil ytelsen av prosjekteringssteamet forbedres drastisk sammenlignet med tradisjonelle metoder. Tiden det tar for å få forklaringer og til å ta beslutninger reduseres betraktelig, samtidig som sannsynligheten for omprosjektering reduseres da aktørene får økt eierskap og deltakelse i prosjektbeslutninger (Kunz and Fischer, 2009).

Kunz og Fischer (2009) anbefaler at oppstartsmøtet, prosjekteringsmøter, ukentlige og daglige prosjekterings- og produksjonsmøter holdes i et rom med flere pc-er, ideelt med minst tre store skjermer, som alle aktørene kan se samtidig. Figur 15 viser hvordan et iRoom kan utformes.

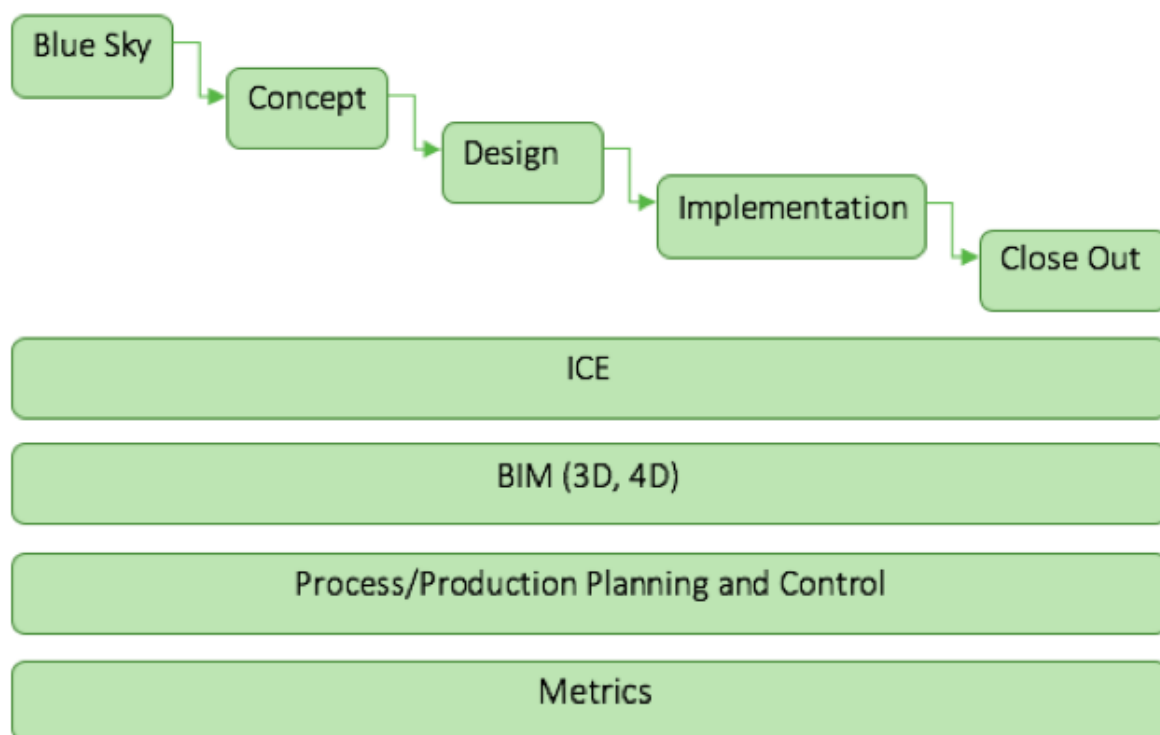


Figur 15: iRoom ((Fischer, 2005),(Liston et al., 2000))

### 3.3.2 Hovedelementer i VDC

Mandujano et al. (2017) beskriver at VDC-metoder inkluderer *Integrated Concurrent Engineering (ICE)*, *BIM*, *Lean-basert produksjonsledelse* og *målinger*. Videre beskrives det at hver av disse VDC elementene bruker teknologiske verktøy, men selve bruken av elementene er en sosial prosess. Implementeringen av VDC kan bygge på en "planlegge-gjøre-kontrollere-handle"-syklus (eng: plan-do-check-act cycle) (McComb, 2008). "Planlegging" innebærer å bruke en eller flere Lean-baserte metoder for å lage produksjonsplaner og "gjøre" innebærer å utføre arbeidet etter planen. "Kontrollere" innebærer å kontrollere at arbeid ble utført etter planlagte spesifikasjoner, som for eksempel å kvalitetssikre BIM-modellen, gjøre kostnadskontroll og undersøke Planlagt Prosent Utført (PPU). "Handle" innebærer å gjøre forbedringer og ta det neste steget (Mandujano et al., 2017).

Fischer (2011) har en lik framstilling som Mandujano et al. (2017), og illustrerer i figur 16 at VDC består av fire hovedelementer som må være tilstede i alle prosjektfasene i byggeprosessen; *Integrated Concurrent Engineering (ICE)*, *BIM*, *planlegging* og *kontroll av prosess og produkt, og målinger*. Disse fire hovedelementene, vil presenteres nærmere i delkapitlene under.



Figur 16: VDC for Reliable Project Execution (Fischer, 2011)

Det er i de siste årene flere norske bedrifter som har begynt å implementere VDC i sine byggeprosesser, som for eksempel Kruse Smith, Veidekke, AF gruppen og NCC. Veidekke har brukt litt forskjellige VDC-modeller, og har på grunn av suksessen med Involverende Planlegging som begrep, tatt i bruk dette begrepet. Kruse Smith har vært veldig tro mot CIFE-modellen (figur 16). Vedlegg C viser en oversikt over VDC-modellen til Kruse Smith og NCC.

#### ICE – Integrated Concurrent Engineering

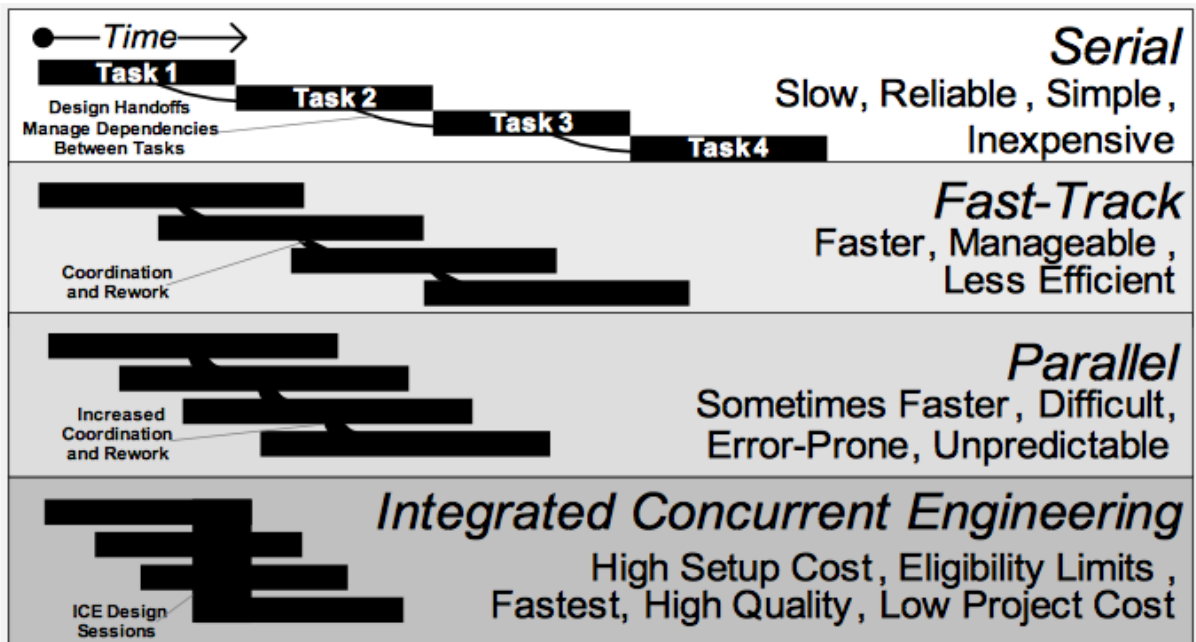
Integrated Concurrent Engineering (heretter omtalt som ICE) er i følge Kunz og Fischer (2009) definert som en måte å organisere en prosjekteringsgruppe slik at aktører fra ulike disipliner deltar samtidig for å gjennomføre integrert prosjektering på en veldig rask måte. Aktørene i en prosjekteringsgruppe har alle ulike perspektiver og ulik kompetanse som kan hindre et effektivt, tverrfaglig samarbeid. Dette kan for eksempel være at aktørene har ulikt vokabular, bruker ulike metoder og mangler erfaring med å jobbe sammen i et tverrfaglig team. Aktørene kan også ha motstridene prosjektmål, som for eksempel å maksimere lønnsomheten i deres egen bedrift og maksimere utnyttelsen av deres egne ressurser. Prosjekteringsfasen består av overlappende, gjensidig avhengige aktiviteter som gjør prosessen kompleks og fører til mye koordinering, iterasjoner og venting på informasjon og beslutninger. Aktiviteter er ofte avhengig av informasjon fra andre disipliner som kontinuerlig utfører endringer på informasjonsunderlaget. Aktiviteter er ofte gjensidig avhengig av hverandre, hvor den ene aktiviteten har prioritet ved beslutninger. ICE anerkjenner i følge Chachere et al. (2009) at

prosjekteringsprosessen består av mye koordinering og iterasjoner, og har til hensikt å fjerne venting ved å legge til rette for en effektiv prosjekteringsfase og koordinering.

Basert på metoder fra romfartsindustrien ble ICE i 2004 utviklet og implementert av CIFE som en del av VDC. ICE har til hensikt å fjerne ikke-verdiøkende tidsbruk som for eksempel avklaring av prosjektmål, metoder eller vokabular, ansvarsområder ved grensesnitt og lang responstid på spørsmål fra aktører (Kunz og Fischer, 2009). Tiden det tar mellom en etterspørsel av informasjon eller en leveranse til aktøren får innfridd ønsket blir i følge Chachere et al. (2009) betegnet som koordineringstregghet (eng: coordination latency). ICE fungerer optimalt når de individuelle deloppgavene er korte (få minutter), når koordineringstreggheten er lav og varigheten av koordineringen er kort (maksimum noen få minutter). For å redusere koordineringstregghet må prosjekteringsgruppen navigere mange fysiske, sosiale og teknologiske koordinasjonsbarrierer (Chachere et al., 2009). Vedlegg D viser en oversikt over ti kritiske faktorer som reduserer koordineringstreggheten, i tillegg til retningslinjer for suksessfull implementering av ICE.

ICE-møter ligner tradisjonelle prosjekteringsmøter på den måten at en utvalgt fasilitator kommuniserer agenda og overvåker progresjonen i møtet. Forskjellen er derimot at ved ICE-møter former og oppløser aktørene seg kontinuerlig i større eller mindre grupper, hvor man deler informasjon eller løser oppståtte problem. Den fysiske orienteringen og bevegelsen av aktører i rommet kommuniserer passivt strukturen av mange slike samtaler til hele prosjekteringsgruppen. Deltagere kan overhøre feil og har dermed muligheten til å rette opp i dette. ICE distribuerer dermed ansvaret til alle aktørene i prosjekteringsgruppen og det er ingen møteleder som holder ICE-møtet. Det er kun en fasilitator som hjelper til med å forme større eller mindre grupper, og rette oppmerksomheten til prosjekteringsgruppen mot viktige problemer eller utviklinger. Forholdene på ICE-møter beskrives som uformelle, med høyt press blant aktørene og kan virke kaotisk på overflaten. Fordi ICE-møter er så psykisk krevende anbefales det derfor å begrense møtet til tre timer (Chachere et al., 2004).

I ICE-møtene er deltagerne fullt og helt fokusert på prosjektet i selve møtet, aktører i en tradisjonell prosess er derimot ofte involvert i mer enn et prosjekt av gangen. Tradisjonelle prosjekter har derfor vesentlig mer overvåking av ledelsen, og avhenger i større grad av aktører som ikke er dedikert til prosjektet (Chachere et al., 2004). Figur 17 illustrerer forskjellen på ICE og tradisjonell prosess. Diagrammet viser at prosjekter med et stramt tidskjema ofte overlapper oppgaver, som før ble utført etter hverandre. Det å komprimere framdriftsplanen på denne måten er kostbart, vanskelig og innebærer en høy risiko for å mislykkes med tanke på kompleksiteten mellom produkt, organisasjon, prosess og teknologi. ICE er den raskeste metoden av disse, hvor hele prosjekteringsgruppen samles og utfører det arbeidet som de er avhengig av hverandre for å utføre. (Chachere et al., 2009)



Figur 17: Ulike grader av parallell prosjektering

Veidekke anbefaler i følge Venås og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (2011) at ICE-samlingen gjennomføres som en del av et 2 dagers-prosjekteringssamling, som starter og avslutter med et kjernemøte (se figur 18). Vedlegg E viser en detaljert agenda for denne ICE samlingen, som også kalles prosjekteringssamling. Tilstedeværelse er en viktig forutsetning og alle i prosjekteringsteamet skal derfor være tilstede hele dagen. Tiden mellom kjernemøtene er satt av til prosjekteringsarbeid der den enkelte deltager skal kunne arbeide som om de var på sitt eget kontor. Deltagerne skal oppleve samlingen som en arena der oppgaver faktisk blir utført, og ikke kun resultere i en lang gjøreliste. Foruten kjernemøtene og særmøter bør møtevirkningsheten under prosjekteringssamlingen begrenses (Venås og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, 2011).



Figur 18: Gjennomføring av ICE-samling i Veidekke (Venås og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, 2011).

I kjernemøtet ved oppstart gjennomgås følgende:

- Status av BIM-modellen
- A3-rapporter (A3 ark med oversikt over all informasjon for å løse et problem) gjennomgås og eventuelle avklaringer henges opp på spørsmålmatriksen
- Gjennomgang av tidligere spørsmål fra spørsmålmatriksen
- Kartlegging av planlagte møter
- Mål for samlingen

Samhandlingen (ICE) mellom kjernemøtene består av prosjekteringsarbeid, særmøter i separate nærliggende rom og "breakoutsession" som er særmøter som tas på sparket når behov for avklaringer dukker opp. I det avsluttende kjernemøtet gjennomgås følgende:

- A3 rapporter som er behandlet under samhandlingen (ICE)
- Nye spørsmål på spørsmålmatriksen som er dukket opp under samhandlingen (ICE).
- Drifting av veggplan (plansjekk, analysering av hindringer, fjerning av hindringer, flytte fram aktiviteter som ikke er utført)
- Avstemming av fremdrift (utkikk av de to neste ukene)
- Beslutningslogg (nye beslutninger legges inn i beslutningsliste)
- Målinger (Bim-modell, PPU av dialogmatrise, aksjonsliste og utviklingsplan, og evaluering av prosjekteringsamling)
- Andre alternativer agendapunkt (uavklarte saker, endringsliste)

### BIM

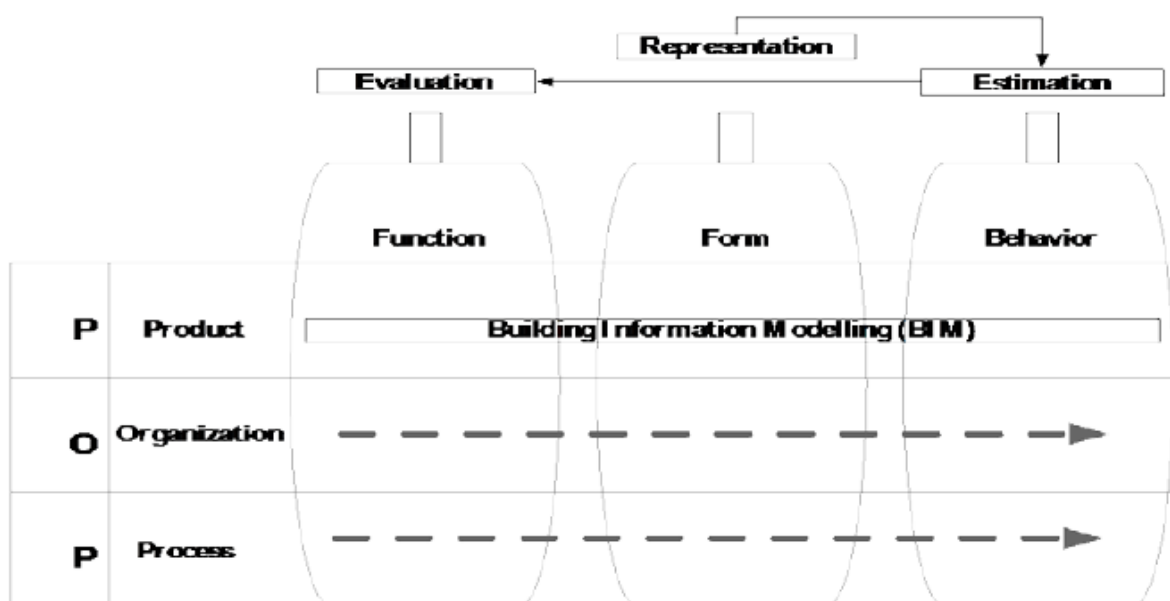
Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er et verktøy og en prosess hvor bygningsinformasjon genereres og forvaltes gjennom hele livssyklusen til bygget. BIM bruker et tredimensjonalt- og dynamisk modelleringsprogram for å produsere byggets geometri, romlige relasjoner (eng: spatial relationships), geografisk informasjon, samt mengder og egenskaper til bygningskomponentene (Forbes og Ahmed, 2010).

BIM er en essensiell del av VDC da prosjektformen er orientert rundt bruk av informasjonsteknologi og virtuelle modeller (Sacks et al., 2010), og det gir en god visuell framstilling av produkt, organisasjon og prosess og gir en høy grad av forståelse hos alle aktørene. BIM støtter også mange kritiske Lean prinsipper, som for eksempel å redusere eller eliminere sløsing. BIM gjør det lettere å oppdage og fjerne flere aspekter ved sløsing som oppstår tidlig i prosjekteringsfasen, men som ellers ikke hadde blitt oppdaget før i produksjonsfasen (Forbes og Ahmed, 2010).

Canada (2011) konkluderte i sin rapport med at BIM reduserer behovet for ulike typer papirtegninger. Visuelle 3D-modeller gjør innholdet i modellene forståelig i større grad sammenlignet med tradisjonelle papirtegninger. De fleste aktører synes interaktive 3D

modeller er vesentlig mer forståelig enn 2D plantegninger, og på samme måte er 3D produktprosess animasjoner mye mer forståelig tradisjonelle Gantt-planer. Bruk av databaserte visuelle modeller vil forbedre kommunikasjon av informasjon, redusere latens/kommunikasjonstregghet og øke samarbeid og eierskap til prosjektet (Kunz and Fischer, 2009).

Noen ganger brukes begrepene VDC og BIM om hverandre noe som ikke er helt riktig. BIM representerer form og omfang av produktet, noe som er en avgjørende, men kun en del av rammeverket VDC. BIM er et nyttig verktøy, men begrensende i den betydning av at problemer ofte oppstår i interaksjoner mellom selve bygget, organisasjonen og prosessen (Kunz og Fischer, 2009). Figur 19 viser hvordan VDC-begrepet referer til hele rammeverket med POP-modeller, hvor BIM er en del av produktdefinisjonen. BIM kan relateres til andre metoder og verktøy som for eksempel framdriftsplaner, beslutningsmodeller, organisasjonsmodeller og 4D modeller (3D BIM + framdriftsplan (tid)) (Mandujano et al., 2017). I en 4D modell visualiseres sekvensen og framdriftsplanen når det gjelder materialer, arbeidsressurser, gulvareal, tid og så videre. Det er også mulig å visualisere tid og kostnadsestimatet til 3D modellen, kjent som 5D. En 6D-modell inkluderer også drift og vedlikehold, livssyklus kostnader og miljøpåvirkning (Tjell, 2010).



Figur 19: Plassering av BIM i POP-modellen (Tjell, 2010)

Kam et al. (2013) beskriver bruk av modeller i VDC kan deles inn i fem nivåer (tabell 11), hvor bruk av alle disse korrelerer betydelig med suksessfulle prosjekt. Modellkravene for BIM avklares i oppstartsmøtet, og legger derfor til rette for et godt samarbeid og en god utnyttelse av BIM-modellen (Olsen et al., 2015)



Level	Model uses
1. Visualization <b>Models are created for visualization purposes (Analysis not required)</b>	Mass model study, 3D rendering, 4D animation, Organizational chart, Scheduling for presentation
2. Documentation <b>Models are created for documentation with accuracy up to construction tolerance</b>	Design/construction documents, Product/ system specification, 3D laser scanning for existing condition, Quantity takeoff, RFI, Punchlist
3. Model-Based Analysis <b>Models are created to support discipline-specific analysis</b>	Spatial validation, Structural analyses, Energy analyses, Thermal comfort, Daylight and interior lighting analyses, Fire & smoke, Life safety/egress, Cost estimating, Acoustics, Security Analyses, GIS, Computational fluid dynamic simulations, Construction safety
4. Integrated Analysis <b>Models/analyses of multiple stakeholders are interoperated for cross-discipline collaboration</b>	Clash detection, Integrated 4D/5D models, Change order management, Supply Chain Management - RFID, color coded tracking, Facility management
5. Automation & Optimization <b>Routine analyses or fabrications are automated</b>	Off-site fabrication, Automation of analysis (code check)

Tabell 11: Fem nivåer for bruk av modeller i VDC

### Planlegging og kontroll av prosess og produksjon

Dette elementet omhandler planlegging og kontroll ved hjelp av Lean-prinsipper. Dette innebærer Last Planner System, involvering, flyt, forutsigbarhet, pull-prinsippet og så videre. Dette elementet er nærmere beskrevet i kapittel 3.2.5 Last Planner System.

### Målinger

Et sentralt element i VDC er målstyringsverktøy. PPU (prosent planlagt utført), respons- og behandlingstid for forespørslar i prosjekteringen, mengden endringer og møteeffektivitet kan bli brukt som måling av prosesseffektivitet (Kunz og Fischer, 2009). Responstid (eng: response latency) defineres som tiden mellom en forespørsel og en nyttig respons. Beslutningstid (eng: decision latency) defineres som tiden mellom tidspunktet informasjon er tilgjengelig for å ta en beslutning og tidspunktet beslutningen annonseres. Mengden endringer defineres som hvor stort volum av prosjekteringsarbeid som må endres på grunn av uforutsette forhold (Kunz og Fischer, 2009).

VDC har en metode for å analysere effektiviteten av tverrfaglige møter ved å klassifisere innholdet i møtet som Descriptive, Explanative, Evaluative, Predictive, Alternative formulation,

Negotiative and Decisive (DEEPAND) (Garcia et al., 2003). Videre klassifiseres de ulike typene som verdiøkende for kunden eller ikke. Resultatet av en studie utført av Garcia et al. (2003) viste at store fraksjoner av møtetiden produserer liten verdi. Møteagendaen er et viktig element for å sikre effektive møter, og studien viste at mer enn 30% av agendaen kun var deling av prosjektinformasjon. En test case hvor agendaen ble effektivisert viste 30% forbedring i både målt og oppfattet møte kvalitet, samtidig som varigheten av møtet ble betydelig redusert. Dette antyder at bedre planlegging av agendaen kan forbedre effektiviteten og kostnader av tverrfaglige møter.

## KAPITTEL 4

# Resultater

I dette kapitlet presenteres resultatene fra innsamlingen av empirisk data i forskningsarbeidet. Datainnsamlingen ble gjort i form av direkte observasjon, intervju og dokumentanalyse. Forskingen er gjennomført ved bruk av kvalitative metoder og resultatene vil derfor i stor grad presenteres i tekstlig form. Kapitlet er delt i to, i første del presenteres dokumentanalysen av interne dokumenter som omhandler implementering av VDC i Skanska. I andre del presenteres resultatene av casestudien basert på intervju, observasjonsanalyse og dokumentanalyse av prosjektbaserte dokumenter. Resultatene er nøytrale, uten egne meninger.

## 4.1 Dokumentanalyse

*Dette kapitlet baseres på dokumentanalyser av interne dokumenter som er gjort tilgjengelig for studenten under casestudien, som omhandler implementeringen av VDC i Skanska. Dokumenter som analyseres er presentert i kapittel 2.4.4 Dokumentanalyse. Resultatene fra dette kapitlet brukes som et grunnlag for drøfting av resultatene fra kapittel 4.2 Casestudier. I tillegg brukes resultatene i dette kapitlet for å sammenligne VDC i Skanska med generell teori om VDC fra kapittel 3. Teori. Det påpekes at mange av de interne dokumentene er under videreutvikling og forbedring i forbindelse med standardiseringen av VDC som et endringsinitiativ i Skanska.*

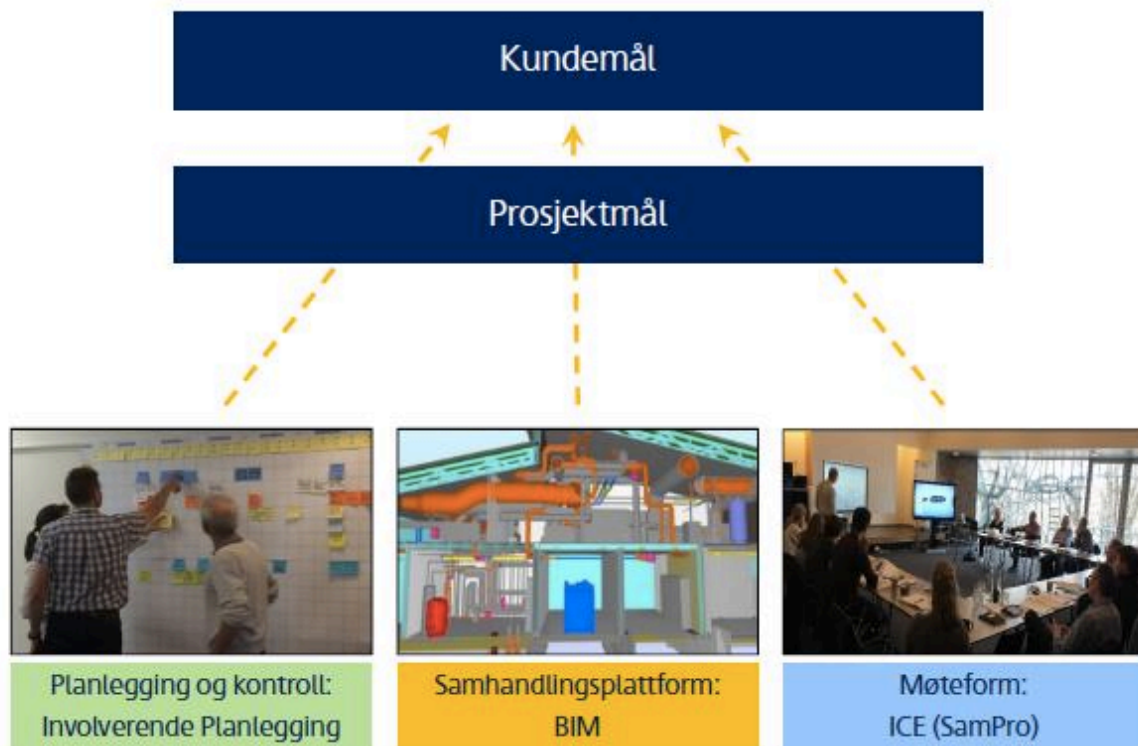
### 4.1.1 Implementering av VDC i prosjekteringsfasen

Skanska har jobbet med BIM og Lean siden 2007. VDC tankegangen kombinerer disse to initiativene, slik at man får mer ut av begge prinsippene. I forbindelse med satsningen og standardiseringen av VDC er det satt i gang en utarbeidelse av et informasjonshefte som skal omhandle "VDC i Skanska". Det midlertidige dokumentet som betegnes som et førsteutkast/kladd definerer et VDC-prosjekt slik:

"Et VDC-prosjekt bruker moderne teknologi, spesielt relatert til BIM, kombinert med nye samhandlingsteknikker fra tankesettet Lean på en helhetlig måte. Metodisk betyr dette at VDC-prosjekter må ha et basisnivå av BIM-implementering, benytte involverende planlegging i både prosjektering og produksjon, og ha kompetanse og fasiliteter til å bruke møteformen ICE. Dette understøttes av Lean-tankesett og aktiv måling av prosessers ytelse og evne til å realisere prosjektets og kundens mål."

Skanska har valgt å dele sin VDC-modell inn i tre hovedelementer: *Involverende planlegging, BIM og ICE*. Denne VDC-modellen illustreres i figur 20. VDC-rådgiver Roar fosse forklarer at han opplever at elementene ICE, BIM og måling er godt etablert i bransjen, men at det er litt ulik og mer varierende forståelse rundt prosessstyringselementet i CIFE sin VDC-modell. Han forstår dette elementet som Lean, hvor verktøy og metoder som Last Planner System, involvering, flyt, forutsigbarhet, pull planning tas i bruk. Ettersom Skanska ønsket en mest mulig konkret VDC-modell har de valgt å kalle prosessstyringselementet for "Planlegging og kontroll: Involverende Planlegging". Involverende planlegging er det norske begrepet for Last Planner System fra Lean. Kommunikasjonen ute på prosjekter er ofte veldig konkret, og ved å kalle elementet for "Involverende planlegging" blir det i følge Fosse lettere å forstå sammenhengen i modellen, framfor å bruke et overordnet "management-språk".

## Skanska Norges VDC-modell



Figur 20: Skanska Norges VDC-modell

VDC er ikke et nytt verktøy, men et samlebegrep for integrering av BIM-relaterte digitale verktøy med moderne samhandlingsmetoder. Økt involvering og synlighet sikrer at man er omforent om å gjøre rett ting til rett tid. Mens prosessmåling og kontinuerlig forbedringsfokus sikrer stadig reduksjon av sløsing i form av ventetid og unødvendig arbeid.

I det midlertidige dokumentet "VDC i Skanska" er det satt opp forslag til krav som er nødvendige for at man kan kalle prosjektet et VDC-prosjekt. Disse kravene oppsummeres i tabell 12.

<b>Involverende planlegging</b>	Involverende planlegging brukes til faseplanlegging. Denne teknikken er utviklet til både projektering og produksjon for å opprette faseplan. I projektering er det i tillegg utviklet en standardisert prosess for oppfølging av plan, i produksjon varierer dette fremdeles noe fra prosjekt til prosjekt
<b>ICE</b>	ICE-møter benyttes i projektering. Prosjektet læres opp i møteform, benytter Big Room, bruker nøytral fasilitator, benytter standard ICE-maler.
<b>Målinger</b>	Prosessmålinger på faseplanene (PPU, rotårsaker og så videre) og ICE (møteeffektivitet) brukes og oppdateres løpende.

<b>BIM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ BIM-modellen er informasjonsbæreren gjennom alle fasene i prosjektet.</li> <li>▪ BIM-manualen og "krav til modeller og tegninger" blir fulgt i henhold til riktig nivå for fasen man jobber i.</li> <li>▪ BIM-ambisjonsnivå er definert i samråd med BIM-avdelingen</li> <li>▪ BIM-modell benyttes til kvalitetssikring av det prosjekterte underlaget</li> <li>▪ Touchskjermer/VR/AR utstyr benyttes som samhandlingsverktøy i møter</li> <li>▪ BIM-modellen skal være tilgjengelig for alle involverte parter på prosjektet (desktop, nettbrett eller BIM-kiosk)</li> </ul>
------------	--

Tabell 12: Krav som stilles til et VDC-prosjekt i henhold til informasjonshefte om VDC i Skanska

I det midlertidige dokumentet er det er ikke stilt noen krav til å benytte 4D/5D-modellering eller Virtual/Augmented Reality i VDC-prosjekter, men det er beskrevet som en mulighet etter at grunnleggende BIM-implementering er gjennomført.

Det midlertidige dokumentet inneholder også en oversikt over hvordan man igangsetter et VDC-prosjekt, samt hvilke aktører som er obligatorisk og anbefalt deltagende på de ulike aktivitetene. Når det gjelder prosjekteringsfasen viser tabell 13 de ulike møteaktiviteter som kreves og hvilke aktører som skal delta.

	Aktivitet	Hensikt	Deltagere
<b>Oppstart prosjektering</b>	Oppstartsmøte prosjekteringsgruppe	Introdusere prosjektet og bli kjent. Hvordan jobbe med VDC og hvordan skal BIM støtte prosessen.	<b><u>Obligatorisk:</u></b> Prosjekteringsledelse VDC-rådgiver BIM-koordinator Prosjekteringsgruppe <b><u>Anbefalt:</u></b> Prosjektledelse
	Bakoverplanlegge prosjekteringen	Bakoverplanlegging av faseplan med lappeteknikk, opplæring i Lean og Last Planner. Gjentas for hver fase.	<b><u>Obligatorisk:</u></b> Prosjekteringsledelse VDC-rådgiver BIM-koordinator Prosjekteringsgruppe <b><u>Anbefalt:</u></b> Produksjonsledelse
	BIM-oppstartsmøte	BIM-manual gjennomgås og fylles ut, tekniske avklaringer om programvare og filformater gjøres.	<b><u>Obligatorisk:</u></b> Prosjekteringsledelse BIM-koordinator Prosjekteringsgruppe <b><u>Anbefalt:</u></b> VDC-rådgiver
	ICE-oppstartsmøte	Opplæring i Big Room-prosessen og bruk av utstyr. Enkel test-case i plenum.	<b><u>Obligatorisk:</u></b> Prosjekteringsledelse VDC-rådgiver Prosjekteringsgruppe

			<b>Anbefalt:</b> BIM-koordinator
<b>Ukentlig prosjektering</b>	ICE-møte	Plansjekk og ICE-agenda. VDC-fasilitator og BIM-koordinator brukes innledningsvis, begge faser ut.	<b>Obligatorisk:</b> Prosjekteringsledelse Prosjekteringsgruppe <b>Anbefalt:</b> Prosjektledelse Produksjonsledelse VDC-rådgiver BIM-koordinator

Tabell 13: VDC implementering i prosjekteringsfasen.

#### 4.1.2 Involverende planlegging - bakoverplanlegging

Som et viktig element i hvordan VDC-prosjekter planlegger og kontrollerer framdrift har Skanska valgt å implementere Last Planner System, som på norsk beskrives som involverende planlegging. Ved lappeteknikk med post-it-lapper involveres aktørene til å bakoverplanlegge aktiviteter med utgangspunkt i milepælene i prosjektet. Innad i et VDC-prosjekt kan man se på alle aktørene med et kunde/leverandør-forhold til hverandre, dermed vil de fleste aktivitetene være et resultat av etterspørsel fra en annen aktør (såkalt "pull").

##### Forberedelser

Det er viktig at alle aktørene stiller forberedt til involverende planlegging når det gjelder hva de skal levere, hva de trenger at andre aktører leverer og hvilke spørsmål de har til hverandre. Med leveranser menes enhver aktivitet den enkelte gjør og leverer inn i prosjekteringsgruppa. En slik leveranse kan for eksempel være tegninger, lister, beslutninger, viktige møter, viktige modellfiler, BIM-kontroller og så videre.

##### Leveranser

Alle leveranser skrives på en post-it-lapp, hvor fargen på lappen representerer hvilken aktør leveransen tilhører. Det er fire kriterier som må foreligge og sjekkes før man henger opp en leveranse på planen.

**Beskrivelse** – står det tydelig formulert på lappen hva leveransen innebærer? Fanger beskrivelsen opp hele arbeidet?

**Størrelse** – Hvor lang tid tar det å levere leveransen?

**Sunnhet** – finnes alt nødvendig underlag til venstre for lappen?

**Rekkefølge** – selv leveranser som ikke har en binding med tanke på sunnhet, kan det være en optimal rekkefølge å gjøre aktivitetene på.

Figur 21 viser en oversikt over de syv forutsetningene for en sunn aktivitet med fokus på prosjekteringsfasen.



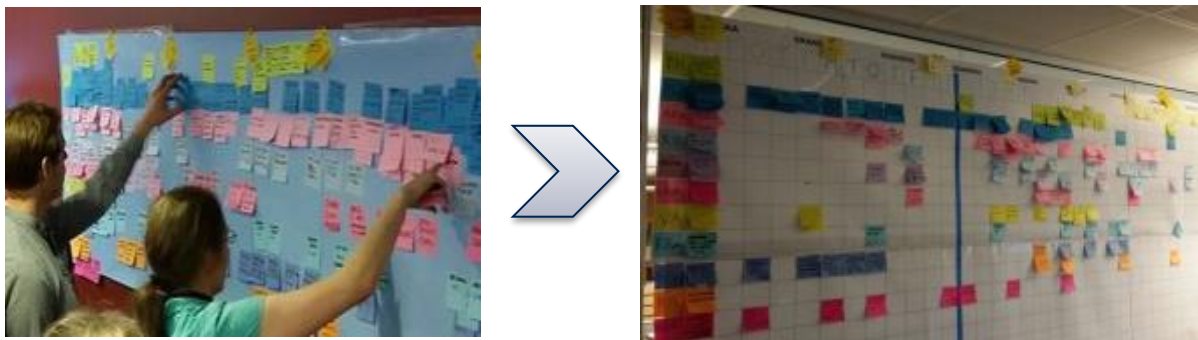
Figur 21: Syv forutsetninger for en sunn aktivitet med fokus på prosjekteringsfasen

### Gjennomføring av planleggingsøkten – fase 1

I første del av involverende planlegging henger alle aktører opp sine lapper på en blå plansje som fungerer som en kladd og har ingen ruter eller tidsakser (se figur 22). På denne kladden henges milepæler over planen der de omtrent hører til på tidsaksen. Dette gjøres for å ikke knytte seg for mye til ukenummer, dager eller datoer, men heller fokusere på hva som skal gjøres, og i hvilken rekkefølge. Før lappene henges opp sjekkes de fire kriteriene som er beskrevet i forrige avsnitt. Når alle lappene er hengt opp på blåplanen sjekkes sunnheten til alle leveransene og aktørene setter en liten "v" i høyre hjørnet på alle lappene.

### Gjennomføring av planleggingsøkten – fase 2

Etter fase 1 er gjennomført flyttes alle lappene fra blåplanen og over til en hvit plansje med rute-inndeling, hvor hver rekke (horisontalt) tilhører et fag. De første 3-5 ukene representerer hver rute én dag (vertikalt), og etter 3-5 uker representerer hver rute én uke. Den siste milepælen på blåplanen flyttes over til den hvite planen og alle aktørene tar med lappene som hører til innenfor milepælen. Deretter flyttes neste milepæl med tilhørende lapper, og dette gjentas helt til man er kommet til nåtid. Figur 22 viser overgangen fra faseplan-kladden (blåplanen) i fase 1 til ferdig faseplan i fase 2.

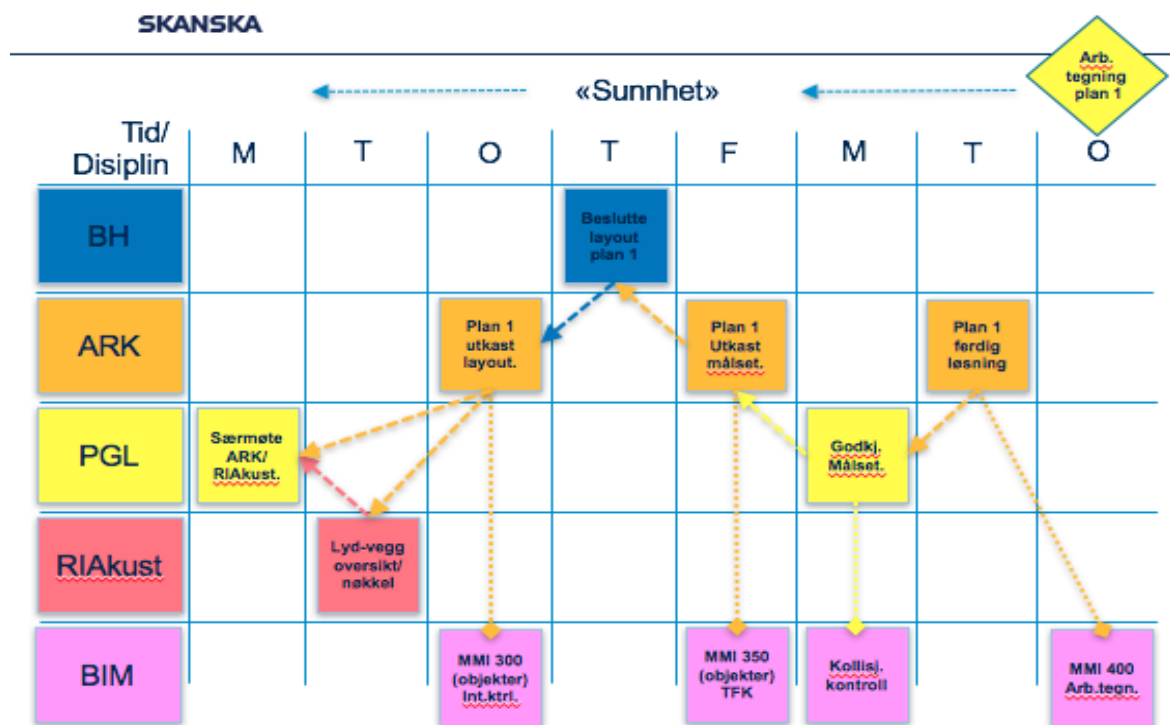


Figur 22: Bilde til venstre viser "blåplan" i fase 1 av involverende planlegging og bilde til høyre viser fase 2 med ferdig utført framdriftsplan.



## Avhengigheter mellom leveranser

Figur 23 viser et eksempel på sammenhenger mellom ulike leveranser til ulike aktører. Ettersom prosjekteringsprosessen består av mange iterasjonsprosesser er det viktig å dele opp leveransene i mindre deler og bruke begreper som førsteutkast, foreløpig, godkjent, endelig og så videre. I eksempelet i figur 23 ser man at før arkitekten kan levere en ferdig løsning av plantegning må byggherren godkjenne layout av planen, og det er ikke poeng i å målsette planen før byggherren har godkjent denne. Før arkitekten kan lage et utkast til layout er det nødvendig med et særmøte med prosjekteringsleder og rådgiver for akustikk. BIM-kordinator er også avhengig av arkitektens plantegninger for å utføre sine BIM-kontroller.



Figur 23: Eksempel på sammenhenger av leveranser i involverende planlegging

I utarbeiding av faseplanen ved hjelp av bakoverplanlegging og involverende planlegging er det viktig at aktørene har fokus på å skrive så mange lapper som mulig på seg selv, men det viktigste er å etterspørre andre disipliners aktiviteter og leveranser som man selv er avhengig av. Et uttrykk som ofte gjentas i disse møtene er det å være en "god bestiller". Mange aktører er ikke vant til å aktivt bidra til at man har underlaget man behøver for å gjøre sin leveranse. Tradisjonelt var det kun prosjekteringsleder som utarbeidet faseplanen, uten noen påvirkning av aktørene selv. Med involverende planlegging er en av hovedhensiktene at hver disiplin selv har ansvar for å være en god "bestiller" av andres leveranser, slik at man får gjort sin leveranse tidsnok.

## Spørsmålmatrixe

Dersom det dukker opp spørsmål som ikke kan settes som en aktivitet på planen eller som man ønsker å belyse i plenum, kan dette settes opp som et spørsmål i spørsmålmatrixen. Figur 24 viser et eksempel på en slik spørsmålmatrixe hvor den horisontale aksene viser hvilken aktør spørsmålet kommer fra og den vertikale aksene bestemmer hvilken aktør spørsmålet stilles til. Alle lappene som kommer opp her gjennomgås i løpet av møtet. Løsningen av spørsmålene som kommer opp på spørsmålmatrixen følger denne rekkefølgen:

1. Besvare spørsmålet her og nå
2. Sette opp spørsmålet som en beslutning på planen
3. Beholde spørsmålet i matrixen



Figur 24: Spørsmålmatrixe

### 4.1.3 Involverende planlegging - plansjekk

Etter man ved hjelp av bakoverplanlegging (involverende planlegging) har laget en framdriftsplan for hele prosjekteringsperioden, møtes prosjekteringsgruppa regelmessig for en plansjekk. Plansjekk består av tre elementer, først en sjekk av hvilke leveranser som er utført, deretter en korreksjon der leveranser som ikke er utført flyttes til neste periode, og tilslutt gjøres en utkikk på neste periode. Dette skal i følge interne dokumenter ta 20-30 minutter å gjennomføre. Det er derfor viktig å være strukturert og unngå detaljerte diskusjoner som ikke er relevante for framdriftsplanen.

#### Sjekk

På første del av plansjekken må hver aktør svare ja eller nei på om vedkommende sine leveranser er fullført. Dersom leveransen er 100% fullført skrives det OK på lappen. Hvis ikke settes det et X på lappen og aktøren må fortelle hva som er rotårsaken til at leveransen ikke er fullført. Registreringen av godkjente leveranser og rotårsaker brukes til måling av

prosjekteringsprosessen og beskrives nærmere i kapittel 4.1.5 målinger. Denne delen av plansjekken er i følge informasjonshefte beregnet å ta 5-10 minutter.

#### Korreksjon

Videre må alle lapper med leveranser som ikke er fullført flyttes fra fortid til fremtid. På planen visualiseres dette skillet med en vertikal blå tape. Det kan i denne delen være nødvendig å omformulere leveransen på lappen, dele opp leveransen i mindre deler eller eventuelt etterspørre underlag fra andre aktører dersom dette mangler. Denne delen av plansjekken er i følge informasjonsheftet beregnet å ta 5-10 minutter.

#### Utkikk

Neste steg i plansjekken er å flytte lapper fra ukes basert plan og over på dags basert plan, med andre ord tilpasse planen i detalj fra og med dags dato og 3-5 uker fram i tid. Det er her viktig å fokusere på ned nærmeste ukene, kontrollere for eventuelle endringer som vil påvirke planen og kontrollere at rekkefølgen er korrekt. Dersom aktører oppdager nye leveranser må dette tilføyes planen. Det forventes at alle aktører stiller forberedt til plansjekken og har sett over planen og notert eventuelle endringer som må gjøres. Involverende planlegging har til hensikt at man arbeider som et team og lager en felles plan, det er derfor viktig at aktørene kollektivt kontrollerer planen. Etter denne delen er ferdig forventes det at alle aktørene er fornøyd med framdriftsplanen og forplikter seg til å gjennomføre den. Denne delen av plansjekken er i følge informasjonsheftet beregnet å ta 10-20 minutter.

#### Distribusjon av framdriftsplanen

I etterkant av møtet registrerer prosjekteringsleder framdriftsplanen i MS Project og distribuerer denne ut til alle aktørene. Det brukes her samme fargekoder som på post-it-lappene.

#### **4.1.4 ICE-møter**

Det midlertidige informasjonsheftet om VDC i Skanska beskriver ICE-møter slik:

”ICE-møter har til hensikt å løse mange problemer på kort tid. Det forutsettes at agendaen planlegges nøye, møtet fasiliteres godt, at alle er forberedt og at oppgavene er spesifikt formulert slik at alle forstår hva som konkret skal løses. Kjerneverdier i ICE er godt planlagte møter, svært tydelig agenda, å bruke deltakernes tid optimalt, god fasilitering, å kontrollere agendaen underveis som man løser problemer, å evaluere møtet og kontinuerlig forbedring. Denne typen møter erstatter tradisjonelle prosjekteringsmøter og bidrar til tverrfaglig, samlokalisert og visuell samhandling ved hjelp av 3D-modeller og digital touchskjerm.”

Når man i VDC snakker om samlokalisering kan dette i hovedsak ha to betydninger. Den ene betydningen er samlokalisert samhandlingsrom, som Skanska har valgt å kalle "Big Room". Dette rommet skal være romslig utformet med mye veggplass til framdriftsplaner, spørsmålsmatrisen og informasjon. Det skal også være tilgang på digitale touchskjermer. Den andre betydningen er samlokalisert kontorlandskap, hvor alle aktørene i prosjekteringsgruppen har kontor plass i samme lokale.

### Forberedelse til ICE-møtet

Interne dokumenter beskriver at det er essensielt at det planlegges en agenda i forkant av ICE-møtet, og skal gjøres ved å involvere aktører fra forrige ICE-møte til planleggingen av neste møte. Tema og mål for ICE-møte, nødvendige deltagere og deres forberedelser og en konkret kjøreplan nedfelles i agendaen.

**Tema og mål:** Temaet for møtet må begrenses til hva man som er viktig å fokusere på nåværende tidspunkt, og det kan ikke være for mange temaer. Målene må være spesifikke slik at man etter møte kan konkludere om målet er oppnådd eller ikke.

**Deltagere og forberedelser:** Ved utarbeidelsen av agendaen må man bestemme hvilke aktører som må inviteres for å ha nødvendig informasjon og beslutningsmakt til å løse problemet. Hvilke forberedelser aktørene må gjøre må også beskrives i agendaen.

**Agenda:** Konkrete oppgaver for å løse temaet må beskrives i rett rekkefølge og med hvilke aktører som må delta på hvilke oppgaver. Tidsperspektiv på hver oppgave og hvem som skal lede gruppa for å passe på at oppgaven løses innenfor tidsrommet skal også være med i agendaen. Det er viktig at oppgavene er godt beskrevet slik at det er tydelig hva som skal gjøres i møte.

Et eksempel på en ICE-agenda som er ferdig utfylt finnes i vedlegg I. Dette skal brukes aktivt i møtet til å logge fortløpende hvordan oppgaveløsningen går og fungerer som referat etter møtet. Som en del av referatet skal det også legges ved PDF-filer av skjermbildene som blir tatt på touchskjerene underveis i ICE-møtet. Disse skal nummereres og refereres til i den utfylte agendaen. Man bruker hovedsakelig 3D-modellen som underlag, men det er også mulig å lime inn tegninger, tekstfiler eller bilder fra mobiltelefonen. Det skal noteres hva som er blitt diskutert i ICE møtet, hvilke problemer som er blitt løst, hvilke beslutninger man har tatt og så videre.

I henhold til interne dokumenter skal man ved begynnelsen av ICE-møtet gå gjennom agenda, avstemme om alle disiplinene har lest den i forkant og er forberedt. Det avklares om alle er enige i oppgavene som skal løses eller om noe må endres på. Før møtet begynner går man også gjennom pluss og delta fra forrige ICE-møte.

VDC-fasilitator ivaretar tiden til møtet totalt sett, men delegerer ansvaret om å holde seg innenfor tiden avsatt hver oppgave i agendaen, videre til prosjekteringsgruppen. Dersom gruppen ikke har funnet en løsning innen avsatt tid blir konklusjonen at man ikke ble ferdig innenfor tidsrommet og at man enten må bli bedre på å planlegge tid eller deltakerne må bli bedre på å bruke tiden tilgjengelig til å være konstruktive og problemløsende. Når en oppgave er ferdig sjekkes tre ting:

1. Er oppgaven gjort fullt og helt slik den står skrevet i agendaen? Grønn = fullt og helt, gult = delvis utført, rødt = knapt startet. Ved gult eller rødt må årsak og tiltak fylles ut i kommentarfeltet på agendaen
2. Er notatene fra touchskjermen gode nok til å fungere som møtereftrat? Er problemene, forslagene, beslutningene og spørsmålene som er diskutert godt nok dokumentert? Referanse til skjermbilde (fra for eksempel One Note) føres i kommentarfeltet til oppgaven som er løst.
3. Tilslutt sjekkes det om oppgaveløsningen har generert nye gjøremål som bør settes opp på lappeplanen.

#### 4.1.5 Målinger

##### Målinger av plansjekk (involverende planlegging)

Under plansjekk av faseplanen skal det registreres hvilke leveranser som er fullført og hva som er rotårsakene til at leveranser ikke er fullført. Figur 25 viser mal for hvordan dette blir registrert av VDC-fasilitator. Resultatene av denne registreringen skal brukes til å registrere ulike målinger som skal vises til prosjekteringsgruppen i løpet av møtet. Det måles prosent planlagt utført (PPU), altså godkjente leveranser dividert på antall leveranser i kontrollperioden. I tillegg måles hvor mange leveranser som ikke er godkjent og hvilken rotårsak dette skyldes i tillegg til hvor mange ganger en aktør får en "x" (altså antall ganger en leveranse ikke er fullført). Og det lages en graf som viser utviklingen av totalt antall lapper og andel av disse som er fullført gjennom prosjekteringsfasen.

		UKENUMMER					
PPU	Aktiviteter planlagt siste uke						
	Aktiviteter OK (totalt antall minus sum rotårsaker)						
Rotårsaker	Utydelig oppgavebeskrivelse						
	Manglende bemanning						
	Manglende kompetanse						
	Feil eller mangelfullt verktøy						
	Undervurdert omfang						
	Foregående aktivitet ikke ferdig						
	Offentlig prosess (søknader e.l. ikke ferdig)						
	Manglende tverrfaglig deltakelse						
	Nedprioritert for annen oppgave						
	Manglende underlag (ikke foreg. aktivitet)						

Figur 25: Mal for registrering av godkjente leveranser og rotårsaker

### Målinger av ICE-møtet

Interne dokumenter beskriver at i tråd med Lean-tankesett, er kontinuerlig forbedring et viktig prinsipp i ICE-møter. Møteeffektivitet, forberedelser og opplevd nytte for deltakerne skal måles i hvert ICE- møte.

På slutten av ICE-møter skal det måles hvor effektivt møtedeltakerne føler møtet har vært. Figur 26 viser hvordan denne evalueringen gjøres. I tillegg diskuteres det i plenum og man kommer fram til tre pluss, altså hva som var bra med møtet, og tre delta, hvilke forbedringer som skal være bedre neste gang. Pluss og delta fra ICE-møtet, resultatene fra evalueringkortet og hvor stor prosentandel av agendaen som er oppnådd noteres i ICE-agendaen (vedlegg I) som etter møtet skal distribueres til alle deltagerne fra møtet.

<b>ICE Evalueringkort</b>		<b>SKANSKA</b>			
<b>Hvor godt forberedt føler du de andre var til møtet? (1-6)</b>					
1	2	3	4	5	6
<b>Hvor effektivt var dette møtet for deg? (1-6)</b>					
1	2	3	4	5	6
<b>Hvor godt føler du selv at du bidro? (1-6)</b>					
1	2	3	4	5	6

Figur 26: Evaluering av ICE-møter

#### **4.1.6 BIM**

I dag bruker stort sett alle prosjektene i Skanska BIM modeller i en eller annen form, men et ønske med VDC satsingen er at man skal standardisere arbeidet enda mer, slik at det ikke blir et stort gap i kompetansen og bruken i prosjektene. BIM avdelingen i Skanska ble etablert i 2007 og har i hovedoppgave å støtte prosjektene med BIM relatert support, kursing, samt å lage nye verktøy og prosesser. VDC tankegangen har vært jobbet med i BIM avdelingen i flere år, men Skanska ønsker nå å løfte VDC satsingen høyere i systemet og standardisere dette som et endringsinitiativ. Noen av de største gevinstene med BIM er i følge interne dokumenter å kunne effektivisere prosjektering og overlevere bedre produksjonsunderlag til produksjonsfasen.

BIM-manualen beskriver hvordan Skanska gjennomfører BIM-prosjekter med 3D-modellen som sentral informasjonsbærer fra tidlig fase til prosjektering og produksjon. Hensikten er å sikre like forventninger, god samhandling og forståelse mellom alle aktører i prosjektet. Vedlegg G viser en oversikt over ansvarsoppgaver for de ulike aktørene i prosjekteringsfasen som er beskrevet i BIM-manualen.

I henhold til BIM-manualen skal oppstartsmøte for BIM avholdes etter at alle prosjekterende er kontrahert, hvor prosjekteringsleder, BIM-koordinator og en person fra alle prosjekterende disipliner deltar. I dette oppstartsmøtet fylles det ut et dokument som skaper et rammeverk for alle prosjekterende og bestemmer de prosjektspesifikke rammene for god dataflyt, tverrfaglig prosjektering og samarbeid i prosjektet.

### Informasjonsberikende BIM-modeller

I et BIM-prosjekt skal det aldri være tvetydighet mellom modell og tegninger da alle tegninger er generert fra modellen. Tegninger, mengdelister og andre rapporter blir produsert fra modellen, istedenfor at disse må utarbeides på tradisjonelt vis. I prosjekteringsfasen beriker alle fag sine modeller med informasjon som utnyttes i produksjonsfasen i form av for eksempel mengdeuttak, beskrivelser, BIM-kiosk, eller i driftsfasen i form av FDV-dokumentasjon. I BIM-manualen står det spesifisert at følgende informasjon skal legges inn i objektene i modellen og kunne utnyttes i produksjonsfasen:

- **Mengdeuttak:** Alle objekter skal inneholde informasjon om volum, areal, lengde, bredde, høyde og eventuelt diameter. Dette skal som et minimum være komplett når området er klart for produksjon og arbeidstegning foreligger.
- **BIM på nettbrett/BIM-kiosk:** 3D-modellen må være komplett og riktig ettersom modellen brukes på nettbrett og BIM-kiosker i produksjon.
- **Fremdriftsplanlegging:** Modelleringsarbeidet skal utføres slik som det skal bygges, for at produksjonsfasen skal kunne benytte BIM til planlegging og visualisering. Prosjekterende må derfor kunne splittes opp objekter i henhold til produksjonsmetode, for eksempel ved å splitte opp objekter for plasstøpte vegger og dekker i henhold til sekvenser for støp.
- **Statusmarkerte objekter:** Statusmarkering av objekter skal gjennomføres for at produksjon skal se hvilke områder som fortsatt er under prosjektering og hvilke som er klarert for bygging.

### Bruk av BIM i prosjekteringsfasen

I henhold til BIM-manualen er hovedbruksområdene til BIM i prosjekteringsfasen:

- BIM i møter
- Statusmerking av objekter

- En prosess for kvalitetssikring av BIM (internkontroll, tverrfagligkontroll og kollisjonskontroll)

#### *BIM i møter:*

BIM skaper generelt sett en bedre oversikt og et større engasjement blant møtedeltakere enn ved bruk av tradisjonelle tegninger. Bruk av 3D-modellen sikrer god, helhetlig og konkretisert forståelse av temaer. Skanska ønsker derfor å benytte BIM som kommunikasjonsunderlag i alle møter og samhandlingsfora hvor det er hensiktsmessig for prosjektet. Det midlertidige dokumentet "VDC i Skanska" beskriver også at touchskjermer skal benyttes som samhandlingsverktøy i møter.

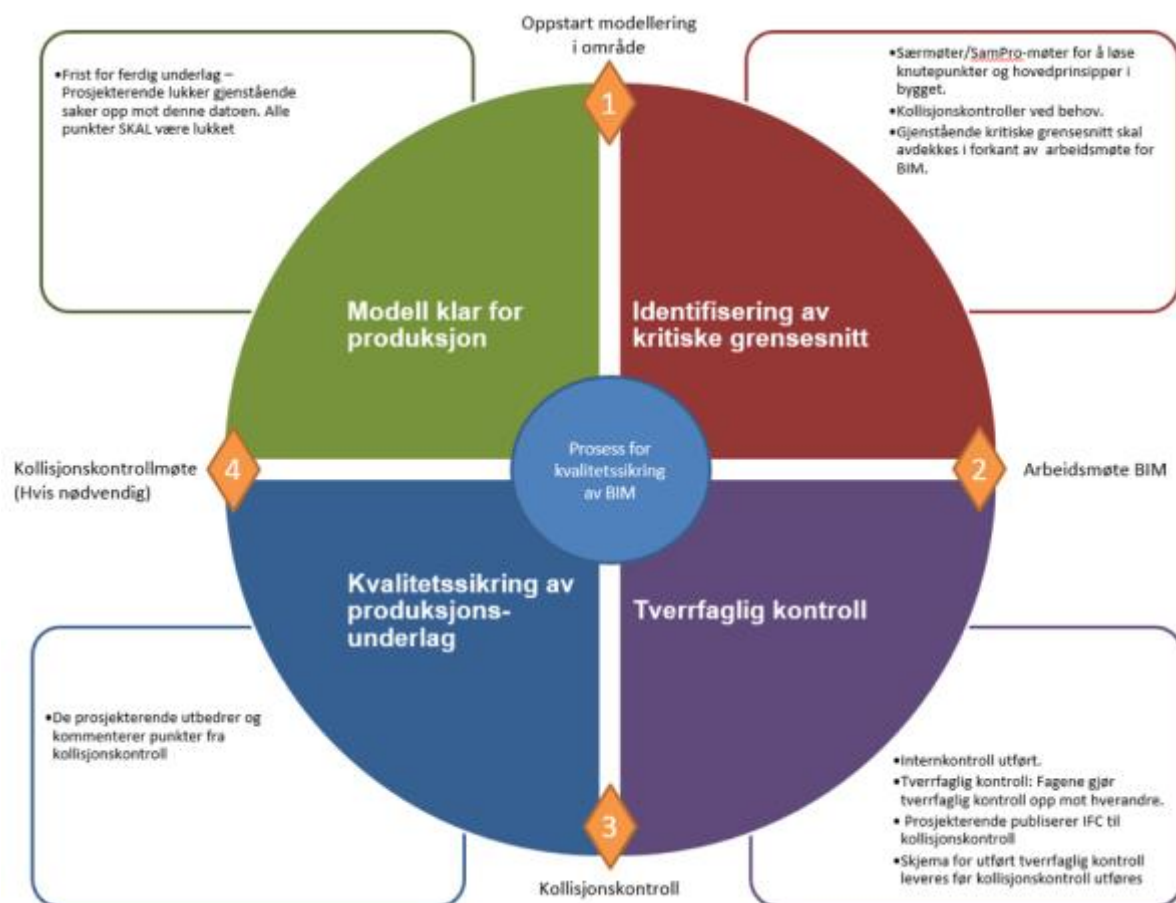
#### *Statusmerking av objekter:*

Ved benyttelse av statusmarkering av objekter har de prosjekterende oversikt over hvor langt i prosjekteringen de andre disiplinene har kommet i definerte områder av bygget. Dette forhindrer at en jobber unødvendig med andre disipliners underlag som ikke er tilstrekkelig gjennomarbeidet. Det midlertidige dokumentet "VDC i Skanska" beskriver at det er mulig å legge til status (LOD-Level of Development og MMI-Model Maturity Index) som gjør det enkelt for alle involverte parter for å hente ut informasjon på utviklingen i prosjekteringen.

#### *Prosess for kvalitetssikring av BIM:*

BIM-manualen stiller krav til at BIM modellen skal benyttes til kvalitetssikring i prosjekteringen. Figur 27 viser hvordan BIM-manualen til Skanska har definert prosessen for kvalitetssikring av BIM-modellen. Prosjektet deles inn i geometriske områder (for eksempel etasjer eller deler av etasjer) og hvert område skal gå gjennom alle stegene i prosessen for kvalitetssikringen. Hensikten med prosessen er at den skal skape god arbeidsflyt for prosjektering og riktige arbeidstegninger for produksjon. Det skal opprettes en plan i faseplanen for kvalitetssikring av BIM-modellen, som inneholder datoer for leveranser og arbeidsoppgaver i prosessen mot en koordinert og feilfri samlemodell.





Figur 27: Prosessen for kvalitetssikring av BIM-modellen

Videre presenteres gangen i kvalitetssikring av BIM-modellen:

**Identifisering av kritiske grensesnitt:** I denne fasen modellerer hver disiplin sine objekter i riktig geometrisk størrelse og med forslag til plassering slik at knutepunkter og kritiske grensesnitt blir identifisert i samlemodellen. De prosjekterende samles til arbeidsmøte i BIM for å belyse kritiske områder og gjøre avklaringer som er nødvendig før deres egen tverrfaglig kontroll.

**Tverrfaglig kontroll:** Før kollisjonskontroll utføres skal alle disipliner ha gjennomført internkontroll og tverrfagligkontroll av sin modell og levert skjema for utført tverrfaglig kontroll til prosjekteringsleder. Dersom fagmodellene ikke er koordinert med hverandre og det forekommer gjentakende geometriske konflikter vil Skanska ikke utføre en kollisjonskontroll før de prosjekterende er koordinert og feilene er rettet opp. Dette kan være knutepunkter og krysningspunkter for tekniske fag, sjakter, konflikter med himling etc.

**Kvalitetssikring av produksjonsunderlag:** Skanska (tradisjonelt BIM-koordinator) skal utføre kvalitetskontroll av prosjekterte fagmodeller etter plan for kollisjonskontroller. Disse kontrollene sjekker geometriske konflikter mellom fagmodeller og internt i en fagmodell. Ingen

av disse kontrollene erstatter de prosjekterende sine tverrfaglige kontroller, men er en kvalitetskontroll på den interne og tverrfaglige kontrollen.

**Modell klar for produksjon:** I denne fasen skal alle modeller være geometrisk riktige, alle tverrfaglige konflikter skal være rettet og alle modelleringskrav være fulgt.

Det er altså i følge BIM-manualen et krav til rådgiverne i Skanska sine prosjekter at man skal kjøre tverrfaglige og interne kontroller av det prosjekterte underlaget før de publiserer 3D-modellene sine, men det har i følge det midlertidige dokumentet "VDC i Skanska" ikke vært lett å gjennomføre i praksis. Når man jobber modellbasert, finnes det regelbaserte kontroller som raskt gir en oversikt over kvaliteten på det prosjekterte underlaget. Regelbasert områdekontroller i kombinasjon med visuelle områdekontroller går raskt og gir en god oversikt over prosjekteringen.

## 4.2 Casestudie – Strinda Hageby og Powerhouse Brattørkaia

Dette kapitlet presenterer resultater som baseres på intervjuer, observasjonsnotater og dokumentanalyse fra casestudiet i denne forskningsstudien. Først introduseres de to VDC-prosjektene i casestudiene med en kort beskrivelse. Deretter presenteres en kort introduksjon til generelle utfordringer som oppstår i prosjekteringsfasen som ble avdekket under intervjurunden i denne casestudien. Disse utfordringene danner et lite bakgrunnsteppe for funnene videre i kapitlet. Deretter presenteres hvordan VDC-prosjektene har gjennomført de ulike VDC-elementene, hvilke utfordringer de har hatt og hvilke forbedringer intervjuobjektene mener bør gjøres. Denne delen er sortert etter VDC-elementene: Involverende planlegging, ICE, Målinger og BIM. Tilslutt presenteres opplevd effekt av VDC i prosjekteringsfasen for prosjektene i casestudiet.

### 4.2.1 Beskrivelse av prosjektene

#### Strinda Hageby



Figur 28: Strinda Hageby (Hageby)

Prosjekt	Strinda Hageby
Type prosjekt	Bolig
Byggherre	Heimdal Utbyggingsselskap
Entrepriseform	Totalentreprise
Kontraktssum	245 MNOK
Ferdigstillelsesdato	Juni 2018
Areal (BTA)	17727 m <sup>2</sup>

Tabell 14: Beskrivelse Strinda Hageby

Strinda Hageby byggetrinn 1 er det første prosjektet som tok i bruk VDC-metodikk i Skanska Bygg Trondheim. Detaljprosjekteringsfasen for Strinda Hageby byggetrinn 1 hadde oppstart 16.november 2016, og i den forbindelse hadde VDC-rådgiver Roar Fosse fra Skanska Bygg Oslo praktisk og teoretisk opplæring i hvordan man gjennomfører et VDC-prosjekt. Med veiledning av Fosse ble det gjennomført bakoverplanlegging (involverende planlegging) og en faseplan for hele detaljprosjekteringsfasen ble utarbeidet. Videre har VDC-rådgiver for Skanska Bygg Trondheim, Jan Roger Kråkmo, fulgt opp VDC-implementering og fungert som fasilitator på bakoverplanlegging, plansjekk og ICE-møter.

Strinda Hageby byggetrinn 2 hadde oppstart av detaljprosjekteringsfasen 26.april 2017, hvor det ble gjennomført bakoverplanlegging (involverende planlegging) av faseplanen til detaljprosjekteringsfasen. De fleste av aktørene på byggetrinn 2 hadde også vært med på byggetrinn 1, og dermed fått erfaringer med VDC i prosjekteringsfasen.

I forkant av detaljprosjekteringsfasen på byggetrinn 2 ble det sendt ut et prosjektbasert informasjonshefte med tittelen "VDC – Prosjektering LEAN + ICE + BIM = VDC". Dette heftet inneholder en oversikt over deltagere i prosjekteringsgruppen og en målsetting som beskrives slik: "Deltakere skal i fellesskap og gjennom involverende planlegging ("Work Shop") utarbeide en optimal detaljprosjekteringsplan for Strinda Hageby – byggetrinn 2. Dette gjennom omforent nedbrytningsstruktur som vil være grunnlag for detaljprosjektering mot; faser, milepæler, kontrollområder og fremdriftsbølger."

Videre i informasjonsheftet presenteres hovedfasene i produksjon, milepæler, kontrollområder og fremdriftsbølger, som har til hensikt at disiplinene skal jobbe i felles retning slik at produksjon av arbeidstegninger er i rett rekkefølge i forhold til hva den fysiske produksjonen har behov for. Deretter beskrives egne forberedelser fagene må gjøre og en forklaring til hvordan involverende planlegging og plansjekken gjennomføres. Det står beskrevet at plansjekken gjøres i oppstart av ICE-møter, ellers er ikke ICE nærmere beskrevet i dette informasjonsheftet.

Et slikt prosjektbasert informasjonshefte ble ikke laget ved oppstart av byggetrinn 1, men det ble sendt ut et dokument med beskrivelse av involverende planlegging og ICE-møter.

## Powerhouse Brattørkaia



Figur 29: Powerhouse Brattørkaia (Powerhouse, 2017)

Prosjekt	Powerhouse Brattørkaia
Type prosjekt	Næringsbygg
Byggherre	Entra
Entrepriseform	Totalentreprise
Kontraktssum	370 MNOK
Ferdigstillelsesdato	Februar 2019
Areal (BTA)	18 700 m <sup>2</sup>

Tabell 15: Beskrivelse Powerhouse Brattørkaia

Detaljprosjekteringsfasen på Powerhouse hadde oppstart 22.februar 2017 hvor det ble gjennomført et todagers oppstartsmøte på Stiklestad. Det ble på dette møte gjennomført bakoverplanlegging (involverende planlegging) og utarbeidet en optimal faseplan for detaljprosjekteringsfasen. VDC-prosjektet tok med seg erfaringer og forbedringspunkter fra Strinda Hageby. På tidspunkt ved innlevering av denne masteroppgaven er det gjennomført fem ICE-møter. Det ble i forkant av detaljprosjekteringsfasen levert ut et prosjektbasert informasjonshefte om VDC, med lik oppbygging for det som ble laget for Strinda Hageby byggetrinn 2.

### **4.2.2 Utfordringer i prosjekteringsfasen**

I dette delkapittelet presenteres generelle utfordringer som oppstår i prosjekteringsfasen som ble avdekket under intervjurunden i casestudien. Disse utfordringene danner et lite bakgrunnsteppe og grunnlag for å drøfte funnene fra forskningsspørsmålene som går på forbedringsmuligheter og effekten av å implementere VDC-metodikk i prosjekteringsfasen.

Når det gjelder utfordringer i prosjekteringsfasen var det flere punkter som gikk igjen hos intervjuobjektene. En generell oppfatning er at tidspress er en stor utfordring i prosjekteringsfasen. Et kjent fenomen i byggebransjen er "gravesjuka" som det snakkes mye om, og betyr at man ofte er ivrig på å starte opp produksjonsfasen på et tidlig tidspunkt. I byggeprosjekter er man under press fra byggherren som vil ha ferdigstilt bygget raskest mulig. Intervjuobjektene påpeker at tidsperioden mellom prosjektering og produksjon ofte er for kort. Aktøren forklarer at en konsekvens av et slikt tidspress er at man ikke rekker å ferdigstille tegningsunderlaget innen oppstart av produksjonsfasen. I stedet for å prosjektere seg ferdig på et område av gangen og ha en god prosess med en overordnet planleveranse, må man levere tegninger for de områdene der det "brenner" mest og man bruker mye tid på å følge opp dette arbeidet. En slik stykkevis måte å arbeide på fører til at det oppstår mye "brannslukking", noe som går utover både framdriftsstyring, HMS og kvalitetssikring av tegningsunderlaget. Dersom tidspresset hadde vært mindre kunne man hatt en mer ryddig og effektiv framdrift.

Når man står ovenfor et slikt tidspress er det spesielt viktig å avklare hva som er viktig, ta de rette beslutningene og kunne se langt fram for å forutse framtidige påvirkninger. Som et eksempel kan man ikke begynne å flytte rundt på store sjakter på et senere tidspunkt. Flere av intervjuobjektene kommenterer at det er en stor utfordring å kunne se konsekvenser langt nok fram i prosjektet.

Faseovergangen mellom forprosjekt og prosjekteringsfasen er en annen utfordring som ble beskrevet hos mange av intervjuobjektene. En av aktørene påpeker at når forprosjektet ikke er detaljert nok er det nødvendig med mye endringer. Et eksempel fra casestudiet er at det på Powerhouse Brattørkaia lå det et helt annet konsept på bæresystem i forprosjektet, enn det som ble bestemt i detaljprosjekteringen. Forprosjektet ble prosjektert med hulldekker, og i overgangen til detaljprosjektering er det funnet ut at det på mange måter er mer fornuftig med etterspente dekker. Flere av aktørene beskriver det samme og forteller at prosjektforslaget er lite gjennomtenkt og lite detaljert. Når en konsulent/rådgiver gir tilbud på detaljprosjekteringen er det forutsatt at hovedbæresystemet ligger fast, med kun mindre justeringer. Dette har ikke vært tilfelle på Powerhouse Brattørkaia, hvor ingenting ligger fast, og det er flyttet mye rundt på hovedbæresystemet. Det er også flyttet rundt på veldig mange rom og mye innredning. Når man i tillegg er presset på tid har man ikke tid til å gjøre avklaringer som i utgangspunktet skulle ha vært bestemt i forprosjektet. Resultatet er at man får et helt nytt produkt enn det som opprinnelig var tenkt, og det kan være vanskelig å tilstrekkelig se de nye utfordringene dette gir. Dersom forutsetningene fra forprosjektet var klar kunne alle parter begynne å produsere med engang. Desto mer spesifisert forprosjektet er, desto enklere er det for alle parter i prosjekteringsfasen.

En annen utfordring er når det oppstår mange nye detaljer man ikke har sett for seg tidlig i prosessen. På Powerhouse har tilstøtende konstruksjoner og lokaler som ikke er utleid ført til at man flytter mye rundt på konstruksjonen for å gjøre tilpasninger. En aktør på Strinda Hageby påpeker også at det ofte oppstår uforutsette utfordringer underveis i prosessen som gir

merarbeid. Når man har satt en plan for prosjektet og har en stram framdrift har man ikke tid til å bruke tid på andre aktiviteter. Slike uforutsette utfordringer skyldes ofte mangler i totalentreprisekontrakten, som for eksempel motstrid i kontrakten, motstrid i hva byggherre og entreprenøren egentlig mener er kontrakten eller ting som ikke er fanget opp. Dette gir uklare ansvarsforhold og grensesnitt, og fører til at rådgiverne skylder på hverandre. Andre eksempler på uforutsette utfordringer kan være myndighetskrav som ikke er tatt med i betraktningen.

Kommunikasjon mellom aktørene kan også være en utfordring i prosjekteringsfasen. Dersom prosjekteringsteamet ikke er samkjørte eller koordinert i fremdriftsplanen risikerer man at de man samarbeider med ikke leverer det underlaget man trenger for å gjøre sin aktivitet. Mangel på beslutning fra en annen aktør fører til at man ikke kan ta en avgjørelse da man mangler informasjon. Det kan være mange grunner til at en aktør ikke får tatt en beslutning som påvirker andre, ofte er det mange sammenfattende grunner og at man ikke vet helt hvor man skal starte. For å sikre god kommunikasjon er det derfor viktig med en god fremdriftsplan slik at alle er klar over hvor i prosjektet man jobber til enhver tid. God kommunikasjon er også spesielt viktig når ulike aktører av prosjekteringsteamet har kontor i andre deler av landet.

Dårlig økonomi er også et parameter som kan hindre en effektiv prosjekteringsprosess, da man ofte er i en presset situasjon for å finne billigst mulig løsning.

#### **4.2.3 Involverende planlegging (bakoverplanlegging og plansjekk)**

Det ble gjennomført plansjekk (involverende planlegging), hovedsakelig med en syklus på 2 uker, på begge VDC-prosjektene i casestudiet. Det var noen opphold på grunn av datoer som ikke passet og på grunn av ferie, som førte til perioder med 4 ukers mellomrom mellom plansjekk-øktene. Intervjuobjektene opplevde at 2 uker mellom plansjekk-møtene var en bra syklus. De gangene det har gått mer enn 2 uker mellom føler aktørene at man mangler kontakt med framdriften og de andre fagene. Tabell 16 viser en oversikt over antall gjennomførte bakoverplanlegging- og plansjekk-økter ved prosjektene i casestudien.

<b>Antall gjennomførte bakoverplanlegging og plansjekk (involverende planlegging)</b>		
<b>Strinda Hageby byggetrinn 1</b>	<b>Strinda Hageby byggetrinn 2</b>	<b>Powerhouse</b>
Bakoverplanlegging: 16.november 2017	Bakoverplanlegging: 26.april 2017	Bakoverplanlegging: 14.-15. februar 2017
Plansjekk: 30.november 2017	Plansjekk: 10.mai 2017	Plansjekk: 08.mars 2017
Plansjekk: 14.desember 2017	Plansjekk: 24.mai 2017	Plansjekk: 22.mars 2017
Plansjekk: 04.januar 2017	Plansjekk: 07.juni 2017	Plansjekk: 05.april 2017
Plansjekk: 18.januar 2017		Plansjekk: 3.mai 2017
Plansjekk: 01.februar 2017		Plansjekk: 31.mai 2017
Plansjekk: 15.februar 2017		
Plansjekk: 01.mars 2017		

Plansjekk: 15.mars 2017		
TOTALT: 9	TOTALT: 4	TOTALT: 6

Tabell 16: Antall gjennomførte bakoverplanlegging- og plansjekk-øker (involverende planlegging)

Aktørene har en generell oppfatning om at involverende planlegging og regelmessig plansjekk er et veldig godt visuelt verktøy og gir en bedre oversikt over prosjekteringsfasen. Det en illustrativ måte å se avhengigheter på og man får synliggjort tidsperspektivet i prosjekteringsprosessen. De forteller at det gir en bedre oversikt over omfanget av aktivitetene ved å løfte alt opp på planen på veggen, i tillegg til at man får et samlet fokus på framdriften og hvor man jobber akkurat nå. Man har mulighet til å diskutere status, ta opp hastesaker og avtale tidspunkt for særmøter mellom to eller flere fag.

Når det gjelder prosjekteringslederrollen fører involverende planlegging til at hvert enkelt fag blir ansvarliggjort, og dermed ligger ikke ansvaret for utarbeidelsen av planen på prosjekteringslederen. Flere av aktørene sier at de føler større eierskap og forpliktelse til planen når de har hatt muligheten til å påvirke den selv, i stedet for at en prosjekteringsleder har satt opp planen som det ikke er sikkert stemmer med virkeligheten. Videre beskrives at de ulike fagene vet omfanget av sine aktiviteter best, og man oppnår dermed en mer realistisk plan. Samtidig når alle aktørene etterspør leveranser av hverandre, vil aktiviteter som kanskje ikke prosjekteringsleder eller aktørene selv har tenkt på, belyses i større grad. Ved tradisjonell prosjektering finner aktører ofte noen å skylde på dersom man mangler underlag for å gjøre sin aktivitet. Dette ansvaret ligger nå på aktøren selv, ved at alle må etterspørre leveranser og sjekke sunnheten til lappene på planen.

En av aktørene forklarer at møtereferatene fra tradisjonelle prosjekteringsmøter har ofte vært veldig lange, med plassering av mange aksjoner og ansvar på de ulike aktørene i prosjekteringsgruppen. Videre beskrives at i stedet for å ha "350 punkter" i et møtereferat ligger disse "350 punktene" i faseplanen plassert på den aktøren som skal utføre aktiviteten og aktivitetene er i tillegg definert når de skal utføres.

### Utfordringer og forbedringer

Det å få opp alle aktiviteter på faseplanen har i følge en av intervjuobjektene vært en utfordring. Når nye aksjoner og leveranser diskuteres i ICE-møter eller særmøter mellom plansjekk-øktene blir ikke disse fanget opp på planen. Det oppleves at aktiviteter står beskrevet i mange ulike dokumenter, noe står i Excel og noe står i faseplanen og noe står kun på mail. Intervjuobjektene savner at alle aktivitetene sys sammen slik at alt står på en plass, for å sikre at alle aktiviteter blir fanget opp.

Det påpekes at prosjekteringslederne må være flinkere til å føre over nye aksjoner fra ICE-møtet over på planen. En løsning kan i følge en av aktørene være å digitalisere planen, gjøre den tilgjengelig for redigering av hele prosjekteringsgruppen, slik at alle kan ha mulighet til å



legge inn eventuelle nye aktiviteter som oppstår i særmøter. Planen blir da et mer levende dokument, i motsetning til en "død" PDF-fil som ingen kan gjøre noe med. Dersom planen hadde vært elektronisk med redigeringsmuligheter hadde det også vært en mulighet at aktører kan legge inn viktige avhengigheter, og igjen bruke planen som et varslingsystem for aktiviteter som ikke fullføres tidsnok. Dersom en aktivitet ikke fullføres tidsnok kan man se hvilke konsekvenser dette har i planen, i tillegg til at de som er avhengig av aktiviteten blir tidlig varslet.

Det påpekes også at det bør brukes mer tid til å kvalitetssikre sunnheten til aktivitetene, ved å sjekke om foregående aktiviteter er på plass. Det observeres av et intervjuobjekt at mange aktører er for dårlig på dette, og at bør komme tydeligere fram i introduksjonen av involverende planlegging at dette må gjøres.

Det å bryte leveransene ned slik at de blir mindre og mer konkrete, har vist seg å være en utfordring blant aktørene. Ofte er lappene store og utydelig, slik at de blir vanskelig å gjennomføre og vanskelig for andre aktører å forstå omfanget av lappen. Dette har resultert i at mange leveranser ikke har blitt utført etter planen, og begrunnes av rotårsaken "undervurdert omfang". Når aktivitetene blir for stor og for lite konkret er det ikke mulig å ferdigstille aktiviteten på grunn av deler av aktiviteten som ikke lar seg løse, og det resulterer i at man ikke er bevisst på aktiviteten man jobber med og hele aktiviteten stopper opp.

Et av intervjuobjektene påpeker at de manglet erfaring med denne typen prosjekteringsframdrift, slik at ved neste prosjekt vil de formulere leveransene i mindre deler. For eksempel så vil arkitekten dele opp arbeidstegninger av plan og fasader i "antall prosent ferdig", i stedet for å kun sette opp "arbeidstegninger plan/fasade". I praksis er det behov for tegningsunderlag på et tidligere tidspunkt enn når ferdige arbeidstegninger foreligger. Dersom man får flere aktiviteter med mindre omfang, er det lettere å holde fristene og man får et jevnt trykk av leveranser. En av aktørene påpeker også at man da får et mer bevisst forhold til aktivitetene som finnes.

En av aktørene forteller at det hadde vært ønskelig med mer kvalitetssikring og korrigerings av planen fra en erfaren prosjekteringsleder. Det spekuleres om en erfaren prosjekteringsleder, med erfaring fra VDC, kunne kommet med innspill til eventuelle ting som må rokkeres om på. Prosjekteringsleder sitter igjen med mer erfaring på totaliteten og helheten i prosjektet, enn det hvert enkelt fag har.

Når det gjelder det å være en "god bestiller" av leveranser fra andre aktører er det litt ulike oppfatninger på om det gjøres i tilstrekkelig grad. Et av intervjuobjektene synes informasjonsflyten er bra og føler ingen aktører venter på informasjon uten å etterspørre den. Andre poengterer at noen er flinke, mens noen er litt dårligere, og spekulerer i om dette kan skyldes at de ikke helt har forstått oppgaven, eller om det kan tyde på at aktøren ikke er engasjert nok i prosjektet. Det er også noen som kommenterer at de fremdeles tar mye på

telefon eller mail fordi de har følt at det har vært mye fram og tilbake når det for eksempel gjelder plassering av objekter der det er trangt. De velger derfor å ikke sette aktiviteten opp på en lapp, men i stedet kommunisere over telefon eller mail.

Aktørene føler at mye handler om trening og å opparbeide seg erfaring. I etterkant av bakoverplanleggingen på Strinda Hageby byggetrinn 2 ble det kommentert av aktører at gjennomføringen opplevdes lettere, ettersom de hadde gjort seg erfaringer på byggetrinn 1 angående hva som fungerte bra og hva som ikke fungerte like godt.

### Tidsbruk

Det er observert at plansjekk (sjekk, korleksjon, og utkikk) tar forholdsvis lang tid. I henhold til interne dokumenter skal plansjekk-møtet ta 20-30 minutter å gjennomføre. I følge observasjonsanalysen har dette derimot tatt mellom 1 time og 10 minutter til 1 time og 30 minutter. Det er spesielt definering av rotårsaker og hvorvidt leveranser er fullført eller ikke som tar tid og mange aktører bruker unødvendig tid på dette.

Intervjuobjekter kommenterer at alle aktørene bør være mer forberedt og på forhånd vurdere rotårsaken til aktivitetene de ikke har fullført. De påpeker også at det er en fordel om man har gått gjennom lappene slik at man tydelig kan si hvorfor man mangler underlag og hvilket underlag man mangler. Tekniske fag på Powerhouse har en gjennomgang i forkant av plansjekk-møtet hvor de ser på hvilke lapper som står på de tekniske fagene, hvilke aktiviteter og leveranser som kommer fremover og hvilke avhengigheter som finnes. Der diskuteres også hvem de skal henvende seg til i plansjekk-økten, dersom de for eksempel mangler underlag fra noen. Dette gjøres et par dager før plansjekk-økten slik at de har litt tid å reagere på.

En av aktørene kommenterer at statusrapporteringen tar lang tid, og at det er viktig og relevant for den det gjelder, mens resten av prosjekteringsgruppen sitter og venter. Det spekuleres i om statusrapporteringen kunne blitt gjort elektronisk på forhånd av møte, for så kun gått gjennom aktivitetene som ikke er gjennomført.

### Distribusjon av faseplanen

På begge VDC-prosjektene i casestudiet ble faseplanen digitaliseres i MS Project, og distribueres som en PDF-fil på mail, som et møtoreferat til alle i prosjekteringsgruppen.

### Spørsmålsmatrisen

Intervjuobjektene forteller at de bruker spørsmålsmatrisen dersom man er usikker hvem som skal levere underlaget eller hvem som skal ta en beslutning. For eksempel dersom noen har et spørsmål til byggherren, og byggherren mener at noen andre må svare, kan byggherren flytte lappen til en ny aktør. Dersom en aktør ikke er tilstede på møtet brukes matrisen til å henge opp lapper på den aktuelle aktøren. En av aktørene forteller at lappene på spørsmålsmatrisen

går på innholdet og aktivitetene i involverende planlegging, og ikke ting som skal avklares i ICE-møtet. Spørsmålene går derfor på ting som skal planlegges og eventuelle møter som må holdes.

Spørsmålsmatrisen blir lite brukt og det kommenteres av flere intervjuobjekter at den burde tas mer aktivt i bruk. Mange velger heller å stille spørsmål ved direkte kommunikasjon i møtet, noe som fungerer greit dersom man får en avklaring. Men det oppleves at aktørene glemmer at spørsmålsmatrisen finnes dersom man ikke får avklaring direkte i møtet. På neste møte ser man noen ganger at det kan være at det dukker opp ting som man ikke har fått svar på, som det kunne vært stilt som et spørsmål om i spørsmålsmatrisen på forrige møte. Flere av aktørene føler at spørsmålsmatrisen ble introdusert litt for dårlig og at hensikten med den var litt uklar.

De gangene spørsmålsmatrisen er brukt opplever intervjuobjektene at den er fin til å synliggjøre spørsmål, og forteller at dersom lapper henger igjen uten avklaring tvinges prosjekteringsleder til å ta tak i spørsmålet. Det oppleves at den bidrar til å se at prosessen går framover ved at lapper som henger igjen fungerer som en påminnelse. Den gir også et innblikk i hva som forventes og hvorfor man trenger en leveranse, slik at aktører er oppmerksom på detaljene rundt det som skal leveres.

Et av intervjuobjektene forteller derimot at det er noe usikkerhet rundt hvordan spørsmålsmatrisen skal håndteres. Dersom det kommer opp lapper i spørsmålsmatrisen som ikke avklares under møtet, er det ingen rutine på hvordan spørsmålet skal fanges opp før neste møte. Med en 14-dagers syklus på plansjekk-øktene kan det hende at spørsmålet avklares for sent. Lappene fra spørsmålsmatrisen blir ikke overført til faseplanen, og slik som det er nå er det kun faseplanen som sendes ut som referat, lappene fra spørsmålsmatrisen er dermed ikke med i referatet. Det oppleves derfor at spørsmålsmatrisen ikke er integrert nok i prosessen, og det er litt uklart når og hvordan spørsmålene skal fanges opp. Et av intervjuobjektene foreslår å digitalisere spørsmålsmatrisen, slik at spørsmål som dukker opp mellom plansjekk-øktene kan skrives i spørsmålsmatrisen elektronisk. I tillegg kan aktører som ikke er til stede på plansjekk-økten fange opp spørsmålene kontinuerlig, i stedet for at spørsmålene ikke blir tatt opp før neste plansjekk.

#### **4.2.4 Integrated Concurrent Engineering (ICE)**

Powerhouse Brattørkaia gjennomfører ICE-møter hver 14.dag og møtet inneholder både plansjekk og ICE-agenda. Som regel ble plansjekken holdt før lunsj og ICE-agendaen etter lunsj. Intervjuobjektene fra Powerhouse opplever at å ha ICE-møter hver 14.dag er en bra syklus. En av aktørene poengterer at man ikke må presse for mye inn i møtet, dersom man ikke rekker alt burde man heller øke frekvensen på møtene og dele agendaen.

Strinda Hageby gjennomfører ICE-møter hver 14.dag, men har nedprioritert ICE-agenda-delen av ICE-møtet. Utover prosjekteringsprosessen ble ICE-agendaen til dels erstattet helt med særmøter mellom to eller flere fag. Dermed har ICE-møtet stort sett bestått av plansjekk. Et av

intervjuobjektene fra Strinda Hageby forteller at på grunn av høyt tidspress har de vært nødt til å ta det som brenner mest kontinuerlig i prosessen, og har ikke hatt tid til å vente i 14 dager til neste ICE-møte. Det påpekes at man ikke nødvendigvis trenger mer tid i prosjekteringsfasen, men når produksjonsfasen starter så tidlig inn på prosjekteringsfasen resulterer det i en stykkevis og delt gjennomføring av prosjekteringsprosessen. Dersom produksjonsfasen hadde startet senere hadde man fått en mye bedre prosjekteringsprosess, og det hadde vært lettere å planlegge en ICE-agenda hver 14.dag. Derfor har det blitt mye særmøter med kun deler av prosjekteringsgruppen, i stedet for å ha en ICE-agenda etter plansjekken som kjøres hver andre uke og hvor hele prosjekteringsgruppen er tilstede.

Et av intervjuobjektene forteller at de få gangene prosjekteringsgruppen ved Strinda Hageby har gjennomført ICE-møter, har møtet glidd litt ut fordi de har hatt endel særmøter som har avklart mye, og dermed ikke følt et behov til å ha noe tema i ICE-møtet. Den korte tidshorizonten mellom prosjektering og produksjon ødelegger effekten av ICE-møtene, da man ikke får planlagt ICE-agendaen like godt. Et av intervjuobjektene føler at dersom man hadde hatt litt mer forutsigbarhet hadde man kanskje kunne brukt mer tid på planlegging av ICE-møtene. Videre forklares det at det føles litt kunstig å planlegge 14 dager fram i tid, når man har mye andre avgjørelser som skal tas før man kommer dit. En av aktørene kommenterer at det hadde vært en fordel å ha tilgjengelige fasiliteter på brakkeriggen, slik at det er mulig å ha ICE-møter der ved behov. Det påpekes også av aktører på Strinda Hageby at de skulle ha vært flinkere til å gjennomføre ICE-agenda-delen av møtet.

Tabell 17 viser en oversikt over antall ICE-møtereferat som er sendt ut på henholdsvis Strinda Hageby og Powerhouse Brattørkaia i løpet av perioden for denne studien.

Antall ICE-møtereferat		
Strinda Hageby Byggetrinn 1	Strinda Hageby Byggetrinn 2	Powerhouse Brattørkaia
14.desember 2017	10. mai 2017	08.mars 2017
		22.mars 2017
		05.april 2017
		03.mai 2017
		31.mai 2017
TOTALT: 1	TOTALT: 1	TOTALT: 5

Tabell 17: Antall ICE-møtereferat i prosjektene i casestudien

### Gjennomføring av ICE-møtet

Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene på Powerhouse Brattørkaia at ICE-møtene er effektive. Diskusjoner rundt en felles 3D-modell hvor man kan gå konkret inn å se problemstillinger der alle er involvert er en effektiv måte å jobbe på. Etter en lang dag med plansjekk og ICE-møter forteller flere av intervjuobjektene at man er veldig sliten. I ICE-møtene er man hele tiden involvert i diskusjoner som har med ditt fag å gjøre, og man kan ikke bare

sitte og høre på, men må engasjere seg i det som diskuteres. En annen aktør sier at han opplever møtene som effektive og at man har påvirkning på iterasjonsprosessene og ser hvilke konsekvenser ting har.

Aktørene opplever at mesteparten av tiden utnyttes bra, men at man må være oppmerksom dersom et tema blir for detaljert hvor kun to fag er involvert. Da bør man heller avtale et særmøte mellom de aktuelle fagene. En av aktørene føler at det hadde vært en fordel å ha små særmøter i løpet av ICE-møtet, hvor to eller flere fag diskuterer og beslutter en ting, for så å gå gjennom konsekvensene eller nye oppgaver med resten av prosjekteringsgruppen.

Et intervjuobjekt forteller at de noen ganger har en tendens til å spore av i ICE-møtet i forhold til tidsplanen i ICE-agendaen. Det som tas opp er imidlertid viktig og det kommer inn synspunkter som er viktig for det som diskuteres, og det kan komme opp nye problemstillinger som henger sammen med en problemstilling som er satt opp i agendaen. Det oppleves derfor som at man får belyst og løst mer enn det som er planlagt i agendaen. Selv om man bruker mer tid enn det som er satt av i planen får man belyst flere områder og problemstillinger.

Et av intervjuobjektene poengterer at det er usikkerhet rundt hvordan man skal fange opp alle sakene og nye temaene som diskuteres i løpet av ICE-møtet. Det oppleves at det kan bli litt mye skrift i møtoreferatene og at det til tider kan ligne et tradisjonelt møtoreferat. I referatet står det hva aksjonen er, hvem som skal gjøre det, men det står ikke noe tidsfrist. Det spekuleres derfor i om møtoreferatene skulle ha blitt kortet ned på og i stedet erstattet aksjonene i referatet med lapper på faseplanen.

I ICE-møtene deler ofte prosjekteringsgruppen seg i to, hvor tekniske fag diskuterer rundt en touchskjerm og byggfag rundt den andre touchskjermen. Dette mener aktørene har fungert veldig greit og det er også rom for å kommunisere på tvers av gruppene. På denne måten unngår man at en aktør over lengre tid føler at det som diskuteres ikke omhandler dem, og ICE-møtet blir derfor effektive for alle.

### Deltakere i ICE-møter

Vedlegg H viser en oversikt over hvilke aktører som har deltatt på ICE-møter på Powerhouse Brattørkaia. Etersom Strinda Hageby valgte å nedprioritere gjennomføringen av ICE-agenda-delen av ICE-møtet, og dermed også ICE-møtoreferatene, vises kun møtedeltagere for Powerhouse Brattørkaia. Tabell 18 viser en oversikt over hvor ofte de ulike deltagerne har deltatt på ICE-møter. Disipliner som har vært tilstede på alle ICE-møtene er prosjekteringsgruppeleder, rådgivende ingeniør bygg, arkitekten, prosjekteringsleder (bygg), prosjekteringsleder (teknisk), Prefab, rådgivende ingeniør elektro og VDC-fasilitator. Deltagere som har vært på fire eller flere ICE-møter er: RIVrør, RIVvent, prosjektleder, byggherre og produksjon. BIM-koordinator var kun tilstede på det første ICE-møtet. Disipliner som ikke har vært representert i noen av ICE-møtene er RIG, RIAkust, RIBrann, Breeam og RIEnergi.

Deltager-hyppighet på ICE-møter ved Powerhouse Brattørkaia				
5/5 møter (100%)	4/5 møter (80%)	3/5 møter (60%)	1/5 møter (20%)	0/5 møter (0%)
PGL	RIVrør	PROD	BIM	RIG
RIB	RIVvent	RIEnergi		RIAkust
ARK	BH			RIBrann
PRL (bygg)	PL			Breeam
PRL (teknisk)				RIEnergi?
Prefab (RIB)				
RIE				
Fasilitator				

Tabell 18: Deltager-hyppighet på ICE-møter ved Powerhouse Brattørkaia

Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene at alle som har deltatt i ICE-møtene har vært viktige og relevante deltagere. Fasilitator er en meget viktig deltager for å hindre at diskusjonene i ICE-møtet ikke sklir ut, og at man holder seg til agendaen. Det oppleves som en stor fordel at fasilitator er en uavhengig person, og ikke en prosjekteringsleder, som har nok med å bidra i diskusjonene selv. Det er også viktig med tanke på plansjekk, slik at aktørene ikke føler godkjenningen er urettferdig.

Flere av intervjuobjektene kommenterer at de også har savnet noen deltagere i ICE-møtet. Disipliner som ikke har vært invitert, men som er blitt etterlyst er spesialfag som brann, akustikk, bygningsfysikk, belysningskonsulent og geoteknikker. Flere av aktørene sier at det fint er mulig å ta opp saker i særmøter med disipliner som ikke er tilstede i ICE-møtene, men at de med fordel hadde kunne vært med i deler av ICE-møtet når relevante tema for spesialfagene skal diskuteres. Flere av intervjuobjektene påpeker at når byggherren ikke har vært representert ved ICE-møtet, har det hatt konsekvenser i form av at ting har tatt lengre tid enn nødvendig. Prosjekteringsgruppen er ofte avhengig av byggherrebeslutninger i prosjekteringsfasen.

### Agenda

Det er prosjekteringslederen for prosjektet som sender ut agendaen i forkant ICE-møtet, denne agendaen brukes også som møtereferat i etterkant av møtet. Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene at agendaen for ICE-møtene både er relevante og følger fremdriftsbølgen i prosjekteringsfasen.

På Powerhouse Brattørkaia har det ofte kommet opp nye saker i ICE-møtet som ikke står på agendaen, til tross for at prosjekteringsleder gir beskjed om at prosjekteringsgruppen skal varsle inn dersom de har flere punkter til agendaen. Aktørene forteller at selv om et tema ikke står på agendaen, får man drøftet det allikevel. De nye sakene som kommer opp i ICE-møtene blir enten erstattet eller baket inn som en ny problemstilling til det som er tema for ICE-møtene. Aktørene tror derimot at dette egentlig bare er sunt, og ikke mulig å unngå. Det er ikke satt opp

et "diverse" punkt på agendaen, da prosjekteringslederen har forstått det slikt at agendaen skal være veldig presis i forhold til hva den skal omhandle og varighet på alle punktene. Agendaen fyller tiden som er satt av til ICE-møtet (som regel plansjekk før lunsj og ICE-møte etter lunsj) slik at det ikke er rom til å ha særmøter i etterkant av møtene.

På Strinda Hageby så har agendaen for ICE-møtet kun vært på et overordnet stadium. For eksempel når det gjelder å plassere ut ting som postkasser og så videre som byggherren vil ha avklart, men egentlig ikke haster så mye og ligger lengre frem i prosjekteringsfasen. Aktørene kommenterer derimot at agendaen for særmøtene, som har erstattet ICE-møtene, har vært veldig relevant.

### Møtereferat

#### *Powerhouse:*

Etter ICE-møtene på Powerhouse brukes agendaen til å fylle ut hvilke punkter på agendaen som er fullført og eventuelt hva som gjenstår å gjøre. "Pluss/Delta" fra møtet var beskrevet på to av fire referat, "evaluering av møtet" ble beskrevet i ett av fire referat, og "prosent av agenda oppnådd" inkluderte ingen av referatene.

Fordeling av ansvarsområder og hva de ulike fagene skal gjøre til neste møte er også lagt med i møtereferatet, samt målinger av plansjekken (PPU og rotårsaker). I tillegg legges skjermbilder av 3D-modellen med notater ved i møtereferatet, som beskriver agendapunktene som ble diskutert i ICE-møtet. Dette opplever aktørene at fungerer veldig bra og de synes det blir mye mer visuelt, og lettere å forstå hva som ble diskutert i møtet. Et av intervjuobjektene på Powerhouse sier at det kan bli litt for mange forkortelser ved beskrivelse av aksjoner og hvem som har ansvaret i møtereferatet. Det poengteres at skissene må være forståelige og at det ikke er like lett for aktører som ikke har deltatt på diskusjonen å forstå skissen i etterkant.

#### *Strinda Hageby:*

På Strinda Hageby er det kun sendt ut to ICE-møtereferater (et fra byggetrinn 1 og et fra byggetrinn 2), på grunn av at ICE-møter ble nedprioritert. Kun referatet fra byggetrinn 1 inneholder skjermbilder av 3D-modellen med notater, som beskriver agendapunktene som ble diskutert i ICE-møtet. Kun referatet fra byggetrinn 2 inneholder målinger (evaluering av møtet og prosent av agenda oppnådd). Referatet fra Strinda Hageby har også litt annerledes oppbygging sammenlignet med Powerhouse.

### Samlokalisert kontorlandskap

Det er blitt diskutert og vurdert å ta i bruk samlokalisert kontorlandskap på VDC-prosjekter i Skanska Bygg Trondheim, men både Powerhouse Brattørkaia og Strinda Hageby har valgt å kun bruke samlokalisert samhandlingsrom (Big Room). Dette fordi det er blitt vurdert at aktørene jobber best på sine egne kontorplasser.

Intervjuobjektene er alle positiv til å prøve samlokalisert kontorlandskap på et framtidig VDC-prosjekt. Aktørene forteller at de har tro på en ekstra gevinst ved å sitte tettere og at prosjekteringsgruppen har arbeidsstasjonen sin på samme sted for eksempel to ganger i uken. Det hadde da for eksempel vært mer rom for å gjennomføre flere særmøter med ulike fag. Aktørene har tro på at samlokalisert samtidig prosjektering er framtidens måte å prosjektere på og at man får en mer riktig prosjekteringsprosess.

En av aktørene trekker paralleller med prosesser hvor et stort firma håndterer alle fag i prosjekteringsprosessen. Dette fører til en bedre flyt og at prosessen vil konvergerer mye forttere ettersom man kan møte en person i gangen og spørre "var det slik du skulle gjøre det" og så videre. Ved tradisjonell prosjektering holdes opplysninger igjen før man er helt sikker på at det er rett. Når alle fag er samlet hos et firma får aktørene et bedre grunnlag for å prosjektere, og man får tilgang på mye informasjon før det er endelig.

Et av intervjuobjektene har hatt erfaring med dette på et tidligere prosjekt og sier at det fungerte veldig bra. På det prosjektet var det tilrettelagte arbeidsstasjoner på brakkeriggen, med et Big Room i midten. Aktøren forteller at informasjonen da ble mye lettere tilgjengelig og man delte informasjon aktørene i mellom på en mer direkte måte. Kollisjon med dragere og store føringsveier for tekniske fag var klassiske problemstillinger som ble lettere å koordinere. Man får en bedre flyt av kommunikasjon, ettersom man kan spørre aktører fra andre fag som sitter ved siden av deg, og prosjekteringen vil da gå mye raskere.

Flere av intervjuobjektene poengterer at det også kan oppstå endel utfordringer, blant annet med tanke på at man kan miste kontakt med eget fagområde. For vært fag er det som regel et større team som jobber med prosjektet, i tillegg til de som er deltagere på prosjekteringsmøtene. Et annet praktisk problem som kan oppstå er hvordan man skal få tilgang til lisens til konkrete verktøy. Et av intervjuobjektene poengterer også at man ikke vet den fulle effekten. Det har blitt brukt i store prosjekter i Veidekke, men ikke på mindre prosjekter.

Et intervjuobjekt poengterer at man i dag har muligheter til å ha møter på video og Skype, slik at man egentlig ikke har noen begrensninger. Selv om det er litt mer tiltak å ta et Skype-møte sammenlignet med om man hadde vært samlokalisert i et kontorlandskap. Men dersom man har tilgjengelige møterom hvor man lett kan koble seg opp, kan det være en fin erstatter til samlokalisering.

#### **4.2.5 Målinger**

##### PPU

Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene at måling av PPU fører til bedre motivasjon. Når aktørene selv har definert faseplanen ønsker man å ha fullført sine aktiviteter, og ingen ønsker å ha dårlige målinger. Målingene ansvarliggjør aktørene og det blir veldig synlig



hva som mangler og hvorfor. Man får gått gjennom det som ikke er levert og kan i etterkant gå gjennom hvilke aktiviteter som er mest kritisk. Det er også en fin måte til å se hva som kan gjøres bedre til neste gang.

Under plansjekken oppleves det som positivt å ha gjennomgang av rotårsaker og hvilke leveranser som er fullført og ikke. Det er mye bedre å få vite status hver 14.dag i stedet for at det kan gå to måneder før ting blir tatt tak i. Det oppleves litt som en eksamenshøring men de har forståelse for at det er nødvendig.

I vedlegg F viser en oversikt over PPU-målinger gjort i VDC-prosjektene i casestudiene. Disse viser at gjennomsnittlig PPU på Strinda Hageby byggetrinn 1, Strinda Hageby byggetrinn 2 og Powerhouse Brattørkaia er henholdsvis 64%, 59% og 55 %

### Rotårsaker

Flere av intervjuobjektene forteller at "undervurdert omfang" ofte er rotårsaken til at deres leveranser ikke er fullført. Dette skyldes for eksempel ting som oppstår underveis som ikke var planlagt og er nødt til å håndteres.

At aktiviteter er "nedprioritert for annen oppgave" er også beskrevet som en rotårsak av flere av intervjuobjektene. Dette kan skyldes at man oppdager at andre oppgaver haster mer, for eksempel at det er mye viktigere å jobbe med bæresystemet i kjelleren, enn å se på en sokkel eller himlingsdetalj høyere opp i bygget. Det forklares at årsaken kan være at man har prioritert feil ved bakoverplanlegging av faseplanen og setter andre aktiviteter for tidlig på planen, som kunne ha vært gjennomført på et senere tidspunkt. Aktivitetene som settes på planen må være realistiske og planlegges slik at man skal klare å utføre oppgaven i 2-ukersperioden. Videre forklares det at hvis det er slik at en lapp er viktig for noen andre kan det være at man må flytte på andre lapper, fordi at lappen må prioriteres. Dersom man har for mange parallelle lapper som blir for mye jobb er det viktig å ha oversikten på hva som kan utsettes og ikke.

En av aktørene sier at "manglende bemanning" veldig ofte er rotårsaken til at aktiviteter hos deres fag ikke er fullført. Dette forklares med at underlaget fra forprosjektet har vært lite detaljert og dårligere enn forventet, slik at mye ressurser har gått til å bearbeide underlaget. Aktøren har dermed undervurdert hvor mye ressurser som det faktisk var behov for i prosjektet. Hadde aktøren fått informasjon om nivået på prosjektet ved prosjektstart hadde det vært satt på flere ressurser for å unngå dette. Det hadde vært ønskelig med en samspillfase før oppstart av detaljprosjekteringen for å finne uløste saker og kartlegge status på foreliggende underlag i forprosjektet. På denne måten blir det færre overraskelser og unngår også at omfanget av en aktivitet blir undervurdert fordi man trodde det var ferdig løst i forprosjektet.

En annen aktør forteller at "utydelig oppgavebeskrivelse" ofte er rotårsaken til at leveranser hos deres fag ikke er fullført. Aksjonen og leveransen har vært uklar og uklart om leveransen skal stå på deres fag eller ikke. "Manglende underlag" er også nevnt som rotårsak, for eksempel i tilfeller man kanskje ikke vet hvem som skal komme med underlaget.

For å unngå at leveranser ikke fullføres i henhold til planen beskriver flere av intervjuobjektene at det er viktig å bryte ned aktiviteter i mindre delleveranser. Det er viktig å være konkret og presis i beskrivelsen av leveransen.

Byggherren har en viktig rolle når det gjelder å gjøre sine beslutninger til rett tid. Dersom byggherren leverer sine beslutninger for sent kan det påvirke hele prosjekteringsgruppen. Et eksempel på dette er på Powerhouse hvor layouten til kjøkkenet kom sent inn i bildet. Dette har konsekvenser for sluk og ventilasjon og resulterer i at tekniske fag må gjøre endringer. Et annet eksempel er at byggherren har hatt forskjellige alternativer til inngangspartiet og arkitekten har måttet gjøre mye justeringer som har forplantet seg videre til andre aktører. Når arkitekten gjør justeringer får det direkte følger for bæresystemet og slik at RIB må omprosjekttere. Ettersom de ligger nærmest produksjonslinjen vil dette få en mye større konsekvens for de enn for arkitekten som kan gjøre små endringer på tegningen uten at det koster for mye.

#### Pluss/Delta-analyse og evaluering av ICE-møter

Det ble gjennomført en Plus/Delta-analyse og evaluering av ICE-møtet på slutten av ICE-møtene. Kun to av totalt seks ICE-møtereferater fra prosjektene i casestudiet inneholder Pluss/Delta-analysen og evaluering av fra ICE-møtet. Tabell 19 oppsummerer pluss/delta fra disse referatene:

Pluss	Delta
Lunsj	Mangler TE
God stemning, godt humør	Mye tidsbruk
Gode diskusjoner på aksjoner som ligger nært	Noe tekniske utfordringer
Å kunne tegne på modellen	BH bør være representert
Fjerner "e-post"	Forbedre tiden med "lapper"
	Forberedelse
	Teknisk forberedelse

Tabell 19: Oversikt over pluss og delta fra ICE-møtereferatene

#### **4.2.6 BIM**

Hovedbruksområdene til BIM i prosjektene i casestudien er kvalitetssikring (intern-, tverrfaglig- og kollisjonskontroller) og visualisering av 3D-modellen i møter. Den generelle oppfatningen blant intervjuobjektene er at VDC-prosjektene utnytter mulighetene med BIM godt. Sammenlignet med tradisjonell prosjektering opplever aktørene at den største forskjellen i et

VDC-prosjekt er å bruke 3D-modellen som et visualiseringsverktøy i selve prosjekteringen. Når det gjelder det å berike 3D-modellen med informasjon i objektene opplever aktørene liten forskjell fra tidligere prosjekt. De føler imidlertid at mulighetene med BIM utnyttes godt og Skanska stiller krav til hvilken informasjon som objektene skal ha. Et eksempel på dette for tekniske fag er at Skanska krever at informasjon om riktig type stikkontakter skal ligge i modellen, og ikke bare en standardtype.

Når det gjelder å modellere inn FDV-dokumentasjon i 3D-modellen avhenger det av om byggherren på prosjektet etterspør dette. På Powerhouse har ikke byggherren valgt å bruke 3D-modellen til lagring av FDV dokumentasjon, ettersom de bruker eget system til dette. Et av intervjuobjektene forteller at ved et tidligere VDC-prosjekt hadde ambisjonen vært å modellere inn FDV-dokumentasjon, men kravet ble etterhvert senket da ambisjonene var litt for høye da det ikke fantes objekter som kunne tas inn i modellen.

Skanska har bestemt at RIB skal produsere 3-dimensjonale armeringstegninger på Strinda Hageby. Dette er helt nytt for aktøren, og aktøren føler det er en bra måte å utnytte 3D-modelleringens muligheter på. I oppstarten av 3D-modelleringen har det tatt litt lengre tid enn tidligere, men på lang sikt ser det ut til at det går raskere enn før.

Oppstartsmøtet for BIM ble ikke gjennomført ved oppstart av detaljprosjekteringsfasen, noe som er det optimale. Begge prosjektene gjennomførte dette på et senere tidspunkt i prosessen og dette skyldes at de fleste bruker sine system og sine manualer. Intervjuobjektene forteller at i oppstartsmøtet for BIM blir det gitt informasjon hva som forventes av hvert fag når man sender over 3D-modellen. Det påpekes at det er et stort forbedringspotensial i forhold til å avstemme kvalitetsforventninger til hva som skal legges inn i modellene for best mulig utnyttelse. Det mangler derfor mye av informasjonsdelen av BIM, som for eksempel mengder, beskrivelser, ID (veggnøkler) og så videre. Det kommenteres også at oppstartsmøtet bør gjennomføres så tidlig som mulig for å sørge for en "rød tråd" gjennom alle fasene.

### Bruk av 3D-modellen til visualisering

I ICE-møtene har prosjekteringsgruppen tilgang til to touchskjermer hvor de navigerer i 3D-modellen ved bruk av programmet Solibri. I tillegg brukes One Note til å tegne å ta notater på skjermbilder fra 3D-modellen. En av aktørene forteller at 3D-modellen også har blitt brukt til visualisering tidligere, men forskjellen nå er at den brukes mye mer aktivt, til for eksempel møtereferat. På denne måten får alle tilgang på skissene og ideene, og mye mer visuelt enn tradisjonelle møtereferater. Et av intervjuobjektene forteller at bruk av touchskjerm i ICE-møtene er en morsom måte å jobbe på, folk blir engasjerte og delaktig på en helt annen måte enn om man kun ser på en vanlig 2D tegning. Det oppleves som en mer effektiv måte å jobbe på og fører til effektiv kommunikasjon og samhandling i prosjekteringsgruppen.

Ettersom prosjekteringsgruppen på Strinda Hageby har nedprioritert ICE-møter blir touchskjermen lite brukt hos i ICE-møtene. Derimot brukes 3D-modellen veldig aktivt i særmøter til kommunikasjon og samhandling. I tillegg brukes modellen ofte utenom alt av møter, i e-post og ved telefonsamtaler. En av aktørene forteller også at de har tatt i bruk Skype-møter hvor de deler skjermbilde av 3D-modellen for bedre visualisering. Dette føler aktørene fungerer veldig bra.

Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene at det å utnytte 3D-modellen visualiseringsmessig har en stor gevinst. Det kan være vanskelig å få overblikk med papirtegninger da aktører oppdaterer modellen ofte, og man risikerer å se på tegninger som ikke stemmer.

#### Kvalitetssikring (Intern-, tverrfaglig- og kollisjonskontroll)

Hvordan kvalitetssikring av BIM-modellen skal gjennomføres er beskrevet i BIM-manualen, men hyppigheten av denne kvalitetssikringen er opp til hvert enkelt prosjekt å avgjøre. I VDC-prosjektene i casestudiet har målet vært at alle disiplinene skal sende inn en løpende oppdatering av modellen en gang i uken, hvor det skal være utført en internkontroll, og en tverrfaglig kontroll hver 14.dag. Deretter skal det gjennomføres en kollisjonskontroll av BIM-koordinator på prosjektet hver 14.dag innenfor det kontrollområdet som skal være prioritert i forhold til fremdriftsplanen og skal følge den fysiske produksjonen.

Dette er derimot ikke gjennomført i praksis ved prosjektene. I realiteten bestiller prosjektene en gjennomføring av kollisjonskontroll av BIM-koordinator sporadisk underveis i prosessen. Resultatet av det er at kollisjonskontrollen gjennomføres "når prosjektet kommer på det" og uten en fast rutine. I tillegg er enkelte fag dårlig til å både oppdatere BIM-modellen ukentlig og til å gjennomføre intern- og tverrfaglig kontroll.

Et av intervjuobjektene kommenterer at mulighetene BIM har til kvalitetssikring og kollisjonskontroll utnyttes for lite. Intervjuobjektene opplever usikkerhet vedrørende rutinen rundt kollisjonskontrollen. Ved Strinda Hageby kommenteres det at kollisjonskontrollene er for sene i forhold til leveranser av arbeidstegninger. På Powerhouse har man ikke kommet så langt i prosjekteringen enda, men det nærmer seg arbeidstegningsproduksjon og det er fremdeles uklart hva rutinen for kollisjonskontroll egentlig er og hvor ansvaret ligger. Det burde ha vært en plan for når de ulike kollisjonskontrollene utføres og på hvilke områder, og det må settes opp i samråd med produksjon. Det burde også ha vært satt opp en plan for en møteserie der man går gjennom kollisjonskontrollen. Der henger man litt etter mener aktøren.

Flere av aktørene kommenterer at når man er presset på tid blir kvalitetssikring nedprioritert. Dersom det må gjøres mye endringer har aktøren lyst å få med så mye som mulig for å vise at man er langt i prosessen, og dermed kutter man ut noen kontroller. Når man har for liten tid fører det til at kvalitetssikringen gjøres på et for sent tidspunkt, på feil tidspunkt og ikke nøyaktig

nok. Aktører kommenterer derfor at bedre tid til prosjektering er et tiltak for å sikre rutinen rundt kvalitetssikring av modellen. Et annet tiltak som nevnes er at man på forhånd må være helt enig om hva som er en kollisjon og ikke, for eksempel fleksible rør som sneier en betongsøyle. Skanska bør også bli bedre til å gjennomføre stikkprøvekontroller, noe som et intervjuobjekt forteller ikke er blitt gjort i tilstrekkelig grad på grunn av manglende kapasitet. Dette blir fort nedprioritert når man har dårlig tid.

### Forbedringspotensial

Når det gjelder forbedringspotensial ved bruk av BIM forteller flere av intervjuobjektene at selve utstyret kunne ha fungert bedre rent teknisk. Det oppleves at det litt for ofte blir tekniske problemer ved navigering i Solibri på touchskjerm. De sier at dette mest sannsynlig er en treningssak, men det spekuleres i om modellen kanskje er for tung og datasystemet for tregt. VDC-fasilitator med erfaring i bruk av touchskjerm har vært verdifull når det oppstår tekniske problemer i ICE-møter.

Et av intervjuobjektene sier at det hadde vært ønskelig med et tydeligere bilde, og stiller spørsmålsteget til om det er noen grafiske innstillinger på touchskjermen eller programvaren som kan gjøre modellen tydeligere. BIM-koordinator har også kommentert at grafikken i møtereferatene er dårlig og at det finnes innstillinger som kan endre på dette. Et annet intervjuobjekt kommenterer det samme og forteller at programmet Archicad gir et mye bedre bilde i forhold til platekledning og hva som er hvor. 3D-modellen i Solibri kan i enkelte tilfeller være misledende. Det å ta mål i modellen Solibri oppleves også som tungvint. I tillegg kommenteres det at det hadde vært lettere å skrive kommentarer i selve BIM-modellen i stedet for å ta en "screenshot" og kopiere over i One Note. Et av intervjuobjektene savner muligheten for enkel statusmerking, slik at man ser hva som har kommet langt i arbeidstegningsnivå og hva som er på skissenivå. Det finnes også programvare som gjør det mulig å tilknytte tegninger til 3D-modellen.

Det er ikke brukt 4D eller 5D-modellering for å planlegge framdrift eller økonomi på VDC-prosjektene i denne casestudien. Et av intervjuobjektene poengterer at det kunne vært nyttig å simulere framdriften i prosjekteringsfasen i forhold til hvordan man skal bygge i produksjonsfasen. Man er da avhengig av å ha en modell før man kan lage dette, og aktøren er noe usikker hvordan dette skal gjøres i praksis. Et alternativ er å bruke arkitektmodellen til å simulere fasene for å visualisere hvilken rekkefølge prosjekteringen skal gjennomføres på.

#### **4.2.7 Effekt av VDC i prosjekteringsfasen**

##### Tradisjonell prosjektering vs. VDC-prosjektering

Når intervjuobjektene ble spurt om hvordan de opplevde prosjekteringsfasen som et VDC-prosjekt sammenlignet med tradisjonell prosjektering, kunne de fleste intervjuobjektene

fortelle om positiv utvikling. Hva de ulike aktørene anså som den største forskjellen varierte, og flere fordeler ble beskrevet.

På grunn av stort tidspress mente en av aktørene at det er veldig positivt å samle alle i prosjekteringsgruppa for å gjøre alle orientert på hvor man jobber. Videre oppleves det at det er et bra fokus på å nå delmål og alt blir synliggjort ved måten møtene skjer på. Det samme beskriver et annet intervjuobjekt som trekker fram at involverende planlegging er en veldig god måte å få oversikt over alle aktivitetene som skal leveres og omfanget av prosjektet. Videre beskrives det at å planlegge prosjekteringsfasen i fellesskap har ført til en realitetssjekk for alle fagene i forhold til hva som må leveres til enhver tid. Når man så avhengighetene gikk det opp et lys for mange rådgivere i forhold til hva som må leveres på et tidlig tidspunkt. Det samme gjelder i forhold til tegningsleveransene til produksjon, når aktørene får se leveransedatoene får man løftet en del diskusjoner på et tidligere tidspunkt. Leveranser som aktørene ikke klarer å levere tidnok og leveranser som måtte flyttes fram ble belyst.

Et av de andre intervjuobjektene mener at prosjekteringsoppgavene blir mer konkret og at man hele tiden jobber med konkrete temaer og løsninger. Med VDC jobber man med å faktisk løse oppgavene i ICE-møtet i stedet for kun å prate om hvordan man skal løse det og hvem som har ansvaret, man jobber i praksis i stedet for å rapportere. Det beskrives at i tradisjonelle prosjekteringsmøter er det mange faste punkter på agendaen, med gjennomgang av lange møtereferat hvor hele prosjekteringsgruppen er tilstede. Et av intervjuobjektene forteller at i tradisjonell prosjektering så er gjerne prosjekteringsmøtereferatet et 12 siders notat som man bruker 2,5 timer på å gå gjennom uten å komme noe lengre. Forskjellen nå er at man ikke i like stor grad er innom de faste punktene i ICE-møtet og dermed har mer tid til rådighet. Dette fører videre til at man faktisk finner løsninger i møtene. En annen stor forskjell er at det er mer delaktighet i ICE-møtene når det ikke er bare en møteleder som har ordet, men hele prosjekteringsgruppen involveres.

Et av intervjuobjektene opplever at det å ha fokus på kortere tidsintervaller med plansjekk hver 14.dag fungerer veldig bra og bidrar til at det er veldig konkret hva man skal gjøre og bli ferdig med. Ved å få bestillinger fra de andre blir det veldig tydelig og forutsigbart og man slipper å lure på hva som haster. For andre aktører blir det lett å forstå og veldig konkret når en aktør kan forklare at "dette trenger jeg for å gjøre jobben min". Hele prosjekteringsgruppa blir veldig samkjørt og man er nødt til å forholde seg til alle konsulentene på en direkte måte. Det blir vanskeligere for folk å lure seg unna.

Prosjekteringsfasen oppleves av aktørene som mer effektiv, men ICE-møtene er også veldig konsentrasjonskrevende beskriver et av intervjuobjektene. ICE-møtene starter mellom 09.00 og 09.30 og varer til mellom 14.00 og 15.00. Dersom det kun kjøres plansjekk varer møtet til cirka lunsjtider. Møtene holdes i et forholdsvis lite lokale og det er under observasjoner opplevd at rommet er preget av dårlig luft og det er til tider veldig varmt.

En av aktørene forteller at han opplevde en forholdsvis liten forskjell i prosjekteringsfasen. Denne aktøren mente at det kun var litt forskjell med tanke på koordinering, på grunn av at man får en god kontakt med andre fag tidlig i prosessen.

### Tids- og arbeidspress

Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene at VDC-implementeringen ikke har ført til særlig forskjell når det gjelder tids- og arbeidspress i prosjekteringsfasen. Begge prosjektene er preget av et stort tidspress. Det nevnes derimot at man jobber mer rasjonelt og grundig, og at man kanskje sparer tid totalt sett i detaljprosjekteringen. Men selve prosessen består av veldig slitsomme møter, og mye tidspress mellom møtene. Tidspresset og arbeidspresset øker, men man får mer ut av hver time som legges ned i prosjektet.

En av aktørene mener at presset reduseres en viss grad ettersom man får løftet aksjoner tidligere og alle fagene får en god oversikt over hva som skal leveres. Dette blir derimot litt ødelagt på grunn av en kort tidshorisont fram til produksjonsfasen, og dermed mye tid blir brukt til såkalt "brannslukking".

### Jevn ressursintensitet

Når det gjelder om VDC har ført til jevnere ressursintensitet gjennom prosjekteringsfasen kan være litt for tidlig å si, ettersom detaljprosjekteringsfasen ikke var ferdig ved tidspunkt for intervjuene. En av aktørene på Powerhouse påpeker at det ikke er noe endring på ressursintensiteten i den fasen de er i nå, hvor det fortsatt er mye avklaringer og endringer som gjøres. Men spekulerer i om ressursintensiteten kanskje vil bli jevnere når de kommer i en ren prosjekteringsfase nærmere produksjon, hvor de kun leverer tegninger med ferdig grunnlag.

Det oppleves derimot av en annen aktør at arbeidspresset blir mer fordelt utover prosessen, slik at man klarer å jobbe mer suksessivt og slipper en voldsom innleveringsbolk på slutten. Denne aktøren har dermed opplevd at det har vært lettere å planlegge bemanningen, ved at man kan bruke et mindre team gjennom hele prosessen og slipper å øke med 4-5 personer på slutten. Ved å bruke involverende planlegging er det lettere å se konsekvensene av avgjørelser som tas.

På Strinda Hageby opplever en av aktørene at ressursintensiteten har blitt jevnere på grunn av involverende planlegging gir en mye lengre tidshorisont. Rådgiverne kommer dermed i gang tidligere og man ser omfanget av arbeidet og når det må gjøres i forhold til avhengigheten til alle fag. Dette gjelder derimot kun for de fagene som har hatt tilstrekkelig med tid før produksjon. RIB som har en veldig kort tidshorisont fram til oppstart av produksjon har hatt et stort trykk hele tiden og ikke den samme muligheten til å fordele arbeidet sitt på denne måten. For at VDC-metodene skal ha en effekt er man avhengig av å kunne planlegge en hvis tid framover. Aktøren ser også et forbedringspotensial som kan føre til en enda bedre og jevnere

fordelt ressursintensitet. Eksempler på forbedringer er å være flinkere til å bryte ned aktiviteter slik at de blir mindre og flinkere til å definere hvor stor ferdiggrad tegningene skal ha. Det oppleves at aktivitetene som skrives opp på lappene har et for stort volum, slik at må jobbe hardt for å klare aktiviteten og ender ofte med å ikke klare det.

De fleste av aktørene opplever ingen forskjell på om ressursintensiteten har blitt jevnere og påpeker at en eventuell effekt forsvinner på grunn av et uforholdsmessig tidspress i prosjektet.

### Samarbeidsklima og samspill i prosjekteringsgruppen

Alle intervjuobjektene er enige om at samarbeidsklimaet og samspillet i prosjekteringsgruppen er veldig bra på begge prosjektene. De fleste ser en stor forbedring på grunn av VDC-implementeringen, men noen er litt mer usikker hva som skyldes VDC og hvor mye som er personavhengig og klimaet som skapes av byggherre eller oppdragsgiver. Alle er derimot enige om at VDC har en positiv effekt på samarbeidsklima og samspill.

Gjennomføring av involverende planlegging og plansjekk har ført til at alle fagene er nødt til å oppsøke hverandre ekstra ettersom man planlegger framdriften sammen som et team. I stedet for å få en "sur" e-post der aktører etterspør leveranser eller beslutninger, blir det nå gjort i møtene med et glimt i øye. Det er en løsere og mer uformell tone på grunn av at prosjekteringsgruppen har blitt bedre kjent og på grunn av at flere har ordet i løpet av møtet og ikke kun en møteleder. Det er dermed også blitt lettere å samarbeide innad i prosjekteringsgruppen. Det at man kan ha alle på samme plass og gå å bestille ting av hverandre fører til et bedre samarbeid. Det oppleves at aktørene i større grad gjør oppgavene som andre er avhengig av, fordi de føler seg mer forpliktet og det er tydeligere hva man skal gjøre, når du skal gjøre det og hvorfor du skal gjøre det. Man føler at man sitter i samme båt og at prosjekteringsgruppen er mer sammensveiset.

På samme måte fører ICE-møter til at man blir bedre kjent med folk, da man sitter i samme rom og diskuterer rundt en felles modell. Det blir veldig konkret og visuelt sett enklere å samarbeide når man bruker 3D-modellen i ICE-møter, sammenlignet med å se på tradisjonelle tegninger i 2D. Ved å bruke 3D-modeller ser man veldig tydelig og konkret hva andre fag har gjort og hva som kan komme i konflikt med hverandre.

### Mail og kommunikasjon utenom ICE-møter

Intervjuobjektene opplever liten forskjell når det gjelder mail og kommunikasjon utenom VDC-møtene. Det er fortsatt mye mail som må sendes, men enkelte kommenterer at de har merket en reduksjon når det kommer til mail-korrespondanse som går på statuskontroll og framdrift. Det er imidlertid fortsatt mye mail som går på såkalt "brannslukking", og da spesielt på fag som har en kort tidshorisont fram mot produksjonsfasen. På disse fagene har det også vært mye mail-korrespondanse som går på framdrift. Derimot fag som har tegningsleveranser senere i



produksjonsfasen har opplevd en reduksjon i antall mail som går på underlag man trenger fra andre og hva man skulle hatt.

En av intervjuobjektene opplever at VDC reduserer antall e-post og kommunikasjon på hver sak, men at det jobbes mer intensivt med de sakene man jobber med. Det som derimot oppleves å redusere antall mail er det å bruke en prosjektplass til å legge ut dokumenter, slik at man har tilgang dirkete istedenfor å sende alt på mail. En av aktørene på Powerhouse Brattørkaia forteller at dette fungerer godt på prosjektet.

Når det gjelder kommunikasjon utenom ICE-møter i form av særmøter (møte mellom to eller flere aktører), er dette brukt i like stor grad som ved tradisjonell prosjekteringsfase. Flere av aktørene kommenterer at mail og kommunikasjon utenom ICE-møter er nødvendig.

Et av intervjuobjektene påpeker at ikke alle aktiviteter og leveranser står i faseplanen ettersom mange punkter fremdeles står i e-post og endel uklare møtereferat. Derfor foregår det fremdeles mye kommunikasjon utenom ICE-møtene på grunn av purringer på disse aktivitetene. Det siktes til at prosjekteringsgruppen må bli flinkere til å følge opp det som blir tatt opp i ICE-møtene og at den som får ansvar for noe fører aktiviteten inn i faseplanen. Det blir sagt muntlig, men ikke gjennomført eller ført opp på faseplanen. Da blir heller ikke tidsperspektivet klart, når det faktisk må gjøres, og det fører til endel masing og purringer. Det er mange aksjoner som ikke blir fanget opp på planen

Kun en av aktørene sier at det oppleves en reduksjon i antall e-poster i form av avklaringer, og har opplevd at VDC har ført til mindre oppfølging.

### Omprosjektering i prosjekteringsfasen

Intervjuobjektene hadde veldig ulik oppfatning på om VDC har ført til mindre omprosjektering i prosjekteringsfasen. Flere mente at de opplevde en reduksjon av omprosjektering på grunn av bedre visualisering ved bruk av 3D-modellen og at det dermed er lettere å forstå hverandre. Det er mye enklere å forstå hvordan noe ser ut i detalj og fungerer mye bedre enn å sende papir fram og tilbake, eller at noe blir for komplisert slik at man må hjem og tegne det. Dersom noen snakker om en bestemt vegg, skjønner de andre med en gang akkurat hvilken vegg han eller hun snakker om. Man kommer dermed raskere fram til det rette svaret. Andre kommenterte det at man bedre ser konsekvensene av avgjørelser og at alle er involvert er med på å redusere mengden omprosjektering i prosjekteringsfasen.

Både aktører på Strinda Hageby og Powerhouse følte det var for tidlig å si noe om ettersom det meste av omprosjekteringen skjer i produksjonsfasen når avvik dukker opp. Det er dermed vanskelig å konkludere med noe enda. Når man er i detaljprosjekteringsfasen tester man ut forslag og oppdragsgiver kan komme med ønsker som har ført til omprosjektering, for eksempel at man ønsker å flytte kjøkkenet til motsatt side av bygget. Den typen

omprosjektering ville kommet uansett, uavhengig av om det er et VDC-prosjekt eller ikke. Flere mente at de ikke opplevde noen forskjell når det kom til mengde omprosjektering.

### HMS

Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene om at VDC-implementeringen ikke har noen effekt på forbedret HMS i prosjekteringsfasen. De opplever at dette ikke er noe som kan henges på VDC som metode. Det er mer avhengig av person og hvilken innstilling de som prosjekterer har, enn type prosjektering. Et av intervjuobjektene kommenterer at man oppnår bedre HMS-planlegging når man har en god dialog med andre parter i prosjektet og dermed lettere ser konsekvenser. Et eksempel som nevnes er inntransport av store kolli, som kan skje på en mer sikker måte dersom man har mye kontakt med de som jobber med betong- og støpeplaner. Det at produksjonsteamet deltar i prosjekteringen har også en effekt ved at de kan komme med innspill og si ifra om løsninger som diskuteres ikke er gjennomførbart med tanke på utførelse. I tillegg kommenteres det at tidspress ødelegger for HMS i prosjekteringsfasen, da det ofte kan nedprioriteres.

### Underlag for prosjekteringsarbeid

De fleste av aktørene mener at VDC har ført til bedre underlag for å gjøre sin jobb. Det oppleves som positivt at disiplinene må bestille det underlaget som trengs og gruppen jobber mer i samkjørt på det nivået man er. Det oppleves som veldig positivt at man har en entydig forståelse for hvilke opplysninger andre aktører trenger, hvorfor de trenger det og i hvilken detaljgrad. Dette bidrar også til bedre prioritering tidsmessig, med tanke på hva som haster mest og hva som kan utsettes. Et av intervjuobjektene mener at VDC ikke har så stor betydning for underlag for egen jobb, men poengterer at det er større sannsynlighet for at det man etterspør blir ferdig til rett tid.

### Integrering av prosjekterings- og produksjonsprosessene

Det er enighet blant alle intervjuobjektene om at det er en stor positiv effekt når produksjonsteamet kommer inn tidlig i prosjekteringsfasen og har et tett samarbeid med prosjekteringsgruppen. De produserende ser helt andre problemstillinger enn det de prosjekterende ser, og ved å delta i prosjekteringsprosessene kan de påvirke at løsninger blir mer byggbare. For eksempel på Powerhouse har det vært mye dialog med produksjon når det gjelder grensesnittet mellom Powerhouse og en eksisterende parkeringskjeller som skal være vanntett. Dette er en typisk diskusjon hvor prosjekterende har en teoretisk tilnærming og produksjon har erfaring med hva som praktisk lar seg utføre og hvilke løsninger som har vært dårlige. Andre fordeler er at produksjon setter ord på hvor det haster mest og hva som er viktig å få avklart tidlig, slik at man lettere kan strukturere prosjekteringsprosessen. I oppstarten av prosjekteringsfasen var det ofte at produksjonsteamet reagerte på ting de skulle hatt tidligere og kom med mye innspill.

Intervjuobjektene er derimot usikker om det er VDC som gjør et utslag, eller om det er entrepriseformen som gjør det lettere å samarbeide med produksjon. Både Powerhouse og Strinda Hageby er totalentrepriser, hvor de produserende er på plass direkte under Skanska, noe som gjør at man spiller mye mer på lag og det blir lettere å bli enige om alternativ når man i fellesskap prosjekterer sammen. Intervjuobjektene er usikker på betydningen av å ha med produksjon på ICE-møter, da man like gjerne kunne hatt løpende, separate møter med produksjon.

Både på Strinda Hageby og Powerhouse Brattørkaia var produksjonsteamet med i bakoverplanlegging i oppstarten av detaljprosjekteringsfasen, men etterhvert som produksjonsfasen startet opp hadde de ikke lengre tid til å være med i møtene, og mistet derfor en eventuell effekt av integreringen. Der kommer problemet med kort tidshorison mellom prosjektering og produksjon inn.

### Bedre prosjekteringsprosess og produksjonsunderlag?

På spørsmål om VDC har ført til en bedre prosjekteringsprosess forteller flere av intervjuobjektene at de føler prosjektene er for tidlig i prosessen til å kunne si noe konkret om det. Noen er usikker om det er selve VDC som eventuelt gjør prosessen bedre, eller om det er avhengig av personene i prosjekteringsgruppen og i hvilken grad de enkelte partene har tenkt gjennom fallgruver. Intervjuobjektene opplever at prosjekteringsprosessen ikke har blitt noe dårligere men er usikker om den er blitt bedre.

Det trekkes fram at samarbeidsklima har vært veldig bra på prosjektene, og det er godt mulig at dette skyldes møteopplegget og at det er blitt positivt påvirket av VDC-metoder, selv om det også avhenger mye av personene i prosjekteringsgruppen. Et av intervjuobjektene forteller at involverende planlegging har ført til at tegninger og underlag har kommet mye tidligere og at alle aktørene har vært på i forhold til fremdrift. Et av intervjuobjektene sier at et godt prosjekteringsmøte ikke nødvendigvis er en VDC-prosess, men et prosjekteringsmøte hvor det er takhøyde for å luften problemstillinger.

Når det gjelder kvalitet på produksjonsunderlaget opplever ikke intervjuobjektene stor forskjell fra tidligere prosjekter. De kommenterer det samme som på prosjekteringsprosessen, at implementeringen av VDC i alle fall ikke har ført til dårligere produksjonsunderlag. To av intervjuobjektene påpeker at BIM og visualisering av 3D-modellen har bidratt til bedre produksjonsunderlag, og at det kan tenkes at det ville gått mye dårligere uten dette. Et av intervjuobjektene forteller at det er bedre kvalitet på arbeidstegningene og at det totalt brukes mindre tid i prosjekteringsfasen.

## Oppsummering

Flere av intervjuobjektene føler at den største fordel med VDC er at man føler økt eierskap til prosjektet. Aktørene har et større ansvar for omforent faseplan fordi alle aktørene ansvarliggjør seg selv og fordi prosjekteringsgruppen er mye mer involvert sammenlignet med en tradisjonell prosjekteringsprosess. Alle punktene og planene hadde man hatt uansett, men eierskapet til dem hadde sittet hos prosjekteringsleder i stedet for fagene selv. Dette fører forhåpentligvis til at aktivitetene i større grad blir gjennomført, og at det i større grad er de riktige punktene som står på planen. Aktørene er villig til å bidra mer inn i prosjektet, og er ikke like "bakoverlent" som man kanskje har vært tidligere. Ikke minst at man ønsker å gjøre ting man selv har pålagt seg å gjøre.

Tverrfaglig oversikt kommenteres av flere som den største fordel med VDC. Både ICE-møter og involverende planlegging bidrar på hver sin måte til at aktørene forstår behovet til de andre i prosjekteringsgruppen. Et av intervjuobjektene mener at den største fordel er at det blir veldig tydelig hva som forventes av deg, og man blir stilt til regnskap for hvilket tidspunkt man skal levere en leveranse eller beslutning. På den måten tvinges man til å spørre den aktøren som etterspør en leveranse, hva presist de behøver levert. For eksempel er det ikke nødvendigvis aktøren behøver at den siste armerings-tegningen er på plass, og dermed kan aktøren heller konsentrere seg om å levere det som haster mest.

Samhandling i prosjekteringsgruppen beskrives også av intervjuobjektene som en stor fordel med VDC. Aktørene sitter samlet rundt et felles prosjekt, man kommuniserer på en intuitiv måte og fagene er mer delaktige. At prosjekteringsgruppen blir knyttet tett sammen er en stor fordel og prosjekteringsgruppen blir mer samkjørt og jobber med de samme tingene. Flere påpeker at visualiseringen er mye bedre enn på tidligere prosjekt. Dette har en stor gevinst når det gjelder grensesnittproblemer mellom to forskjellige fag. Ved å visualisere av 3D-modellen på en touchskjerm unngår man lettere at aksjoner havner mellom to fag uten å bli tatt tak i. Et av intervjuobjektene mener at den største fordel med VDC er at man får løftet kritiske aktiviteter tidlig, ved at man får tidlig oversikt over alle aktivitetene og omfanget av dem.

På spørsmål om intervjuobjektene ønsker å bruke VDC i neste prosjekt svarer alle intervjuobjektene ja. Noen påpeker at de ønsker å bruke VDC i neste prosjekt med forbehold om de foreslåtte forbedringene. De forteller at det er en morsom måte å jobbe på og at ting som er morsomt er alltid inspirerende.

## KAPITTEL 5

# Drøfting

Dette kapitlet drøfter og besvarer forskningsspørsmålene i denne masteroppgaven på bakgrunn av litteratursøket i teorikapitlet og empiri i resultatkapitlet. Første del presenterer gjennomføring av og forbedringspotensial ved VDC i prosjekteringsfasen. Andre del presenterer opplevd effekt av VDC-implementeringen. Drøftingen tar utgangspunkt i gjennomføringen av VDC i prosjekteringsfasen i prosjektene fra casestudien og drøftes opp mot relevant teori, samt opp mot de interne dokumentene som omhandler VDC-implementering i Skanska. Subjektive meninger og observasjoner beskrives her.

## 5.1 Gjennomføring og forbedringspotensial i et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen

*I dette kapittelet drøftes og besvares forskningsspørsmålene "Hvordan gjennomføres et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen" og "Hvilke forbedringer kan gjøres i et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen? Drøftingen av disse forskningsspørsmålene tar utgangspunkt i gjennomføringen av VDC-prosjektene i prosjekteringsprosessen fra casestudiet, og drøftes opp mot relevant teori om VDC. I tillegg drøftes gjennomføringen av VDC-elementene i prosjektene opp mot interne VDC-dokumenter fra Skanska.*

### 5.1.1 VDC-begrepet

I litteraturen er det store variasjoner når det gjelder beskrivelse av VDC, i tillegg til at ny forskning har bidratt til at VDC-metodikken har utviklet seg over tid. En rekke studier, som for eksempel Ballard og Howell (2003b) og Kam et al. (2013) beskriver nye VDC-anbefalinger basert på resultater fra casestudier og spørreundersøkelser fra VDC-prosjekter. Det finnes også studier som belyser tilpasninger av VDC implementeringen i de ulike prosjektfasene, for eksempel prosjekteringsfasen som det er sett på i studien til Fosse og Ballard (2016). Flere norske bedrifter, som for eksempel Kruse Smith, Veidekke, AF gruppen og NCC, har implementert VDC på ulike måter i sine prosjektmodeller. Som VDC-rådgiver i Skanska, Roar Fosse, beskriver: "noen snakker om samme ting, men bruker ulike begreper, andre bruker samme begrep, men snakker om ulike ting". Det å skape en universell metode, med konkrete verktøy er heller ikke hensikten til CIFE som oppfordrer til en stegvis implementering, med individuelle tilpasninger (Kunz og Fischer, 2009). Metoder og verktøy innen VDC er også hentet fra andre forskningsmiljø som romfartsbransjen og fra andre konsepter i byggebransjen som Lean Construction.

Skanska har valgt å dele sin VDC-modell inn i tre hovedelementer: Involverende planlegging, BIM og ICE. Sammenlignet med CIFE sin VDC-modell, og VDC-modeller fra andre norske bedrifter (illustrert vedlegg C) ser man at elementene BIM og ICE er lik i alle modellene. CIFE har valgt å kalle et element for "Process/Production Planning and Control", og norske bedrifter bruker beskrivelsene "prosess", "prosessstyring" og "prosessplanlegging". Skanska ønsker å være så konkret som mulig og har valgt å kalle dette elementet for "Involverende planlegging".

### 5.1.2 Involverende planlegging

#### Gjennomføring av involverende planlegging (bakoverplanlegging og plansjekk)

I forbindelse med involverende planlegging bruker aktørene og de interne dokumentene en rekke begreper som for eksempel bakoverplanlegging, lappeplanlegging, plansjekk, pull-planning og Last Planner. Bakoverplanlegging blir brukt som begrep på den første planleggingsøkten hvor hele faseplanen utvikles (beskrevet i kapittel 4.1.2). Plansjekk brukes

som begrep av den kontinuerlige prosessen hver 14.dag med sjekk, korreksjon og utkikk av faseplanen (beskrevet i kapittel 4.1.3). Lappeplanlegging er også et begrep som brukes av begge disse møtene. Last Planner og pull-planning brukes ikke i vesentlig grad i dagligtalen, men står beskrevet i en del interne dokumenter. Involverende planlegging er i følge VDC-rådgiver Roar Fosse blitt et større begrep, og bør derfor ikke kun brukes om plansjekken. Videre forklarer han at det er viktig å få aktørene til å ta i bruk metodene på riktig måte, enn å fokusere på å ha helt korrekt navn. Det bør allikevel påpekes at det brukes mange ulike begreper i casestudiene, som kan være årsak til forvirring ved implementering av metodene, både internt og mellom bedrifter.

Det ble ved begge prosjektene i casestudien gjennomført plansjekk (involverende planlegging) med en syklus på 2 uker. Dette opplevde aktørene som en passende syklus, og ved de få tilfellene det ble 4 ukers mellomrom opplevde aktørene at de mistet kontakten med framdriften. I litteraturen er det ikke beskrevet en fast syklus på gjennomføring, men det må tilpasses størrelsen og kompleksiteten av prosjektet. Plansjekken kan sammenlignes med McComb (2008) beskrivelse av at implementeringen av VDC kan bygge på "planlegge-gjøre-kontrollere-handle"-syklus (eng: plan-do-check-act cycle). Hvor måling av rotårsaker og PPU (sjekk) tilsvarer å "kontrollere", korrigering av ikke-leverte aktiviteter tilsvarer å "handle" og planlegge utkikksvinduet i faseplanen tilsvarer å "planlegge".

Hamzeh et al. (2009) beskriver at et av prinsippene fra Last Planner System er å utvikle arbeidsplaner med de som skal utføre arbeidet. Dette gjennomføres på begge prosjektene i casestudiet, og mesteparten av prosjekteringsgruppen er tilstede både på bakoverplanlegging og plansjekk-øktene.

Hamzeh et al. (2009) beskriver at et av prinsippene fra Last Planner System er å planlegge mer detaljert, jo nærmere man kommer gjennomføring av aktiviteten. Ballard et al. (2009) forklarer at prosjekteringsfasen består av store variasjoner i arbeidsoppgaver som reduserer muligheten til å forutse framtidige aktiviteter, stor gjennomføringshastighet som påvirker muligheten til å fjerne hindringer, og gjensidig avhengige aktiviteter som øker kompleksiteten. Konsekvensen av dette er stor usikkerhet i prosjekteringsfasen. Hamzeh et al. (2009) påpeker at det på grunn av stor usikkerhet i prosjekteringsfasen er viktig at prognoseperioden er kort. På casestudiene har denne prognosen vært minimum 4 uker fram i tid, men det påpekes at det helst skal være 6 uker. Det er størst fokus på de to førstkommende ukene (ukene før neste plansjekk) og de kritiske verdidriverne og leveransene i denne perioden

Det anbefales å være konsekvent ved bruk av begreper i VDC. Det anbefales å inkludere en begrepsavklaring i interne dokumenter og prosjektbasert informasjonshefte for å sikre et felles språk i prosjekteringsgruppen. Det anbefales å gjennomføre plansjekk med en syklus som sikrer god kontakt med framdriften. Det anbefales å ha en kort prognoseperiode ved planlegging i prosjekteringsfasen.

### Å være en "god bestiller"

Interne dokumenter beskriver at alle aktører skal være forberedt til involverende planlegging når det gjelder hva de skal levere, hva de trenger at andre leverer og hvilke spørsmål de har til hverandre. Dette er også beskrevet i informasjonsheftet som ble sendt ut før oppstart av detaljprosjekteringen. I casestudien ble det derimot avdekket en oppfattelse om at aktørene ikke er flink nok til å bestille leveranser de er avhengig av å få levert av andre fag. En årsak som nevnes blant aktørene er at det bevisst velges å ikke sette opp aktiviteten på planen på grunn av at aktiviteten omfatter en iterasjonsprosess, noe som innebærer at aktiviteten er uklar og det er mye kommunikasjon fram og tilbake mellom aktørene. Dette beskrives også i litteraturen som en utfordring ved bruk av LPS i prosjekteringsfasen. Som et eksempel beskriver Ballard et al. (2009) at prosjekteringsalternativer oppstår som et resultat av fruktbare diskusjoner og ideer, og kan ikke fullt ut forutsees på forhånd. Gjensidig avhengighet mellom prosjekteringsaktiviteter krever en annen type planlegging, aktiviteter og utførelse.

I henhold til prinsippet om "Pull planning" beskriver Fischer (2011) at aktører må forutse hva som skal etterspørres når og fra hvem, slik at det kun utføres aktiviteter som er etterspurt. Å etterspørre leveranser fra andre aktører er et viktig element i VDC og det bør derfor tydelig kommuniseres til prosjekteringsgruppen viktigheten med å være en "god bestiller". Alle aktiviteter som en aktør er avhengig av at andre leverer, skal settes opp på planen med et tidspunkt for når det må leveres.

Det anbefales i større grad å kommunisere viktigheten av å være en god "bestiller". Det anbefales at alle aktiviteter kommer opp på planen.

### Del opp leveranser i mindre deler

Interne dokumenter beskriver at ettersom prosjekteringsprosessen består av mange iterasjoner er det viktig å dele opp leveranser i mindre deler og ta i bruk begreper som "førsteutkast", "foreløpig godkjent", "endelig" og så videre. Dette har derimot vært en utfordring blant aktørene i casestudien, og lappene har ofte blitt store og lite konkrete. Konsekvensen av dette er at aktørene ikke er bevisst på aktivitetene de jobber med, at aktivitetene er vanskelig å gjennomføre og det er vanskelig for andre aktører å forstå omfanget av aktiviteten.

Dersom aktørene setter opp flere aktiviteter, med mindre omfang, vil det bli lettere å holde fristene satt i planen og man får en jevn flyt av leveranser. I tillegg til at aktørene får et mer bevisst forhold til aktivitetene. Dette oppleves av aktørene som en treningssak og ved oppstart av Strinda Hageby byggetrinn 2 ble for eksempel plan og fasadetegninger fra arkitekten beskrevet som "%-ferdig" framfor å kun sette opp ferdige arbeidstegninger.



I litteraturen beskrives flere kilder at planen skal finjusteres og kvalitetssikres ((Veidekke, 2013), Forbes og Ahmed (2010)). Aktører fra casestudien poengterer at prosjekteringsleder er en person som har overblikk over hele prosjekteringsfasen og etterhvert kanskje også erfaring med VDC fra tidligere prosjekt og bør derfor være med på å kvalitetssikre planen, for blant annet å sikre at leveransene ikke er for store og utydelige.

Det anbefales i større grad å kommunisere viktigheten av å dele opp leveransene i mindre deler. Det anbefales at aktivitetene er konkrete slik at andre aktører forstår omfanget av aktiviteten. Det anbefales å kvalitetssikre aktivitetene på planen med tanke på størrelse, både av prosjekteringsgruppen og av prosjekteringsleder som har overblikk over hele prosjekteringsfasen.

### Kvalitetssikre sunnheten til aktivitetene

I prosjektbasert informasjonshefte og interne dokumenter beskrives sunnhet som "at alt nødvendig underlag finnes til venstre for post-it-lappen", altså at foregående aktivitet er gjennomført. Dette er kun en av de syv forutsetningene for en sunn aktivitet (Koskela, 2000). Selve essensen "BØR-KAN-SKAL-GJORDE"-prinsippet i LPS, går ut på at det som BØR utføres må vurderes ut ifra det som KAN utføres (Ballard, 2000). Først når de syv forutsetningene er oppfylt gir LPS "grønt lys" for at aktiviteten SKAL utføres (Koskela, 2000). Hamzeh et al. (2009) beskriver også at i henhold til LPS-prinsipper skal hindringer (eng: constraints) identifiseres og fjernes sammen som et team på forhånd for å klarlegge for aktiviteten og øke relabiliteten til planen.

Det påpekes av intervjuobjektene at det bør brukes mer tid til å kvalitetssikre sunnheten til aktivitetene, ved å sjekke om foregående aktiviteter er på plass, og det observeres at mange er for dårlig på dette. Årsaken til dette kan i følge Ballard et al. (2009) være at stor gjennomføringshastighet i prosjekteringsfasen påvirker muligheten til å fjerne hindringer og forbedre sunnhet. Ballard (2014) beskriver at ved gjennomføring av LPS skal aktørene kun forplikte seg til aktiviteter som er definert og sunn, med definert størrelse og rekkefølge. Dette skiller seg fra tradisjonell praksis hvor man i stedet jobber rundt problemer som oppstår. Det burde derfor fokuseres i større grad på å gjøre aktivitetene i faseplanen sunne i henhold til de syv forutsetningene, for å sikre at prosjekteringen gjennomføres i henhold til de grunnleggende prinsippene i LPS.

Det anbefales å kvalitetssikre sunnheten til aktiviteten basert på de syv forutsetningene for sunnhet. Det anbefales å beskrive de syv forutsetningene for sunnhet i interne dokumenter og prosjektbasert informasjonshefte for prosjekteringsgruppen. Det anbefales å kommunisere i større grad viktigheten av at aktiviteter er sunn.

### Inkluder alle aktiviteter i faseplanen

Det å få opp alle leveransene på faseplanen har i følge et av intervjuobjektene vært en utfordring. Når nye aksjoner og leveranser diskuteres i ICE-møter eller særmøter mellom plansjekk-øktene blir ikke disse fanget opp på planen. Aktiviteter og leveranser står beskrevet i mange ulike dokumenter og intervjuobjektene savner at alle aktivitetene sys sammen i faseplanen for å sikre at alle aktiviteter blir fanget opp. Konsekvensen av dette er at aktivitetene som ikke står i faseplanen ikke får definert sunnhet og satt i rett rekkefølge i forhold til planen. Dette strider i mot prinsippene i LPS. Den underliggende filosofien i LPS er i følge Ballard (2000) at alle forutsetningene for å utføre en bestemt aktivitet må være på plass, før det blir tildelt en arbeidsgruppe.

Det er derfor viktig at alle aksjonene som kommer fram i ICE-møtet eller særmøter legges inn i faseplanen. Et av intervjuobjektene foreslår å digitalisere planen for å åpne opp for at aktørene kan legge inn nye aktiviteter som kan oppstå i særmøter mellom plansjekk-øktene. En digital plan med virtuell redigeringsmulighet korrelerer også med VDC sin visjon om å flytte hele byggeprosjekter inn i den virtuelle verden.

Det anbefales å sikre at alle aktiviteter fra ICE-møtet fanges opp på planen. Det anbefales videre å vurdere å ta i bruk en elektronisk plan med redigeringsmuligheter for prosjekteringsgruppen, for å sikre at alle aktiviteter som oppstår mellom plansjekk-øktene fanges opp.

### Varsle dersom en aktivitet ikke ferdigstilles tidsnok

Dersom aktørene får tilgang til planen elektronisk er det en mulighet for at aktørene kan legge inn viktige avhengigheter mellom aktiviteter, som igjen kan brukes som et varslingsystem dersom en aktør ikke ferdigstiller aktiviteten til avtalt tid. På den måten kan man da se hvilke konsekvenser dette har i planen. Ballard (2014) beskriver at tradisjonell praksis er at en aktør gir beskjed når man vet at man ikke kan fjerne en hindring, men ved LPS skal aktøren gi beskjed med en gang man mistenker at man ikke kan fjerne en hindring tidsnok. Dette prinsippet ble ikke praktisert ved casestudiene, da aktiviteter som ikke ble utført kun ble meldt i fra hver 14.dag under plansjekk-møtet. I tillegg til å digitalisere planen bør det også innarbeides en praksis om å gi beskjed med en gang man mistenker at man ikke kan ferdigstille aktiviteten tidsnok. Aktører som er avhengig av denne aktiviteten kan dermed planlegge sine aktiviteter ut fra dette.

Det anbefales å innarbeide en praksis om å varsle ifra dersom en aktivitet ikke gjennomføres til avtalt tid. Det anbefales å vurdere å ta i bruk en elektronisk plan med redigeringsmuligheter for prosjekteringsgruppen, for å legge inn avhengigheter og bruke planen som et varslingsystem for aktiviteter som ikke blir utført tidsnok.

### Spørsmålsmatrisen

Spørsmålsmatrisen oppleves av intervjuobjektene som dårlig introdusert og lite brukt. De gangene spørsmålsmatrisen er brukt opplever intervjuobjektene at den er fin til å synliggjøre spørsmål, og forteller at dersom lapper henger igjen uten avklaring tvinges prosjekteringsleder til å ta tak i spørsmålet. Det oppleves at den bidrar til å se at prosessen går framover ved at lapper som henger igjen fungerer som en påminnelse. Dette beskrives også av Venås og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (2011) som påpeker at spørsmålsmatrisen gir et klart signal på hvem som sinker prosessen.

Det er også endel usikkerhet rundt hvordan spørsmålsmatrisen skal håndteres, da det ikke er noen rutine på hvordan spørsmålene skal fanges opp dersom spørsmålet ikke avklares i løpet av møtet, eller dersom aktører ikke er til stedet. I henhold til interne dokumenter er prosessen med spørsmålsmatrisen at aktørene først skal prøve å få avklart spørsmålet her og nå, dersom det ikke er mulig skal spørsmålet settes som en beslutning på planen, og dersom det heller ikke er mulig skal spørsmålet beholdes i spørsmålsmatrisen. Aktørene beskriver at mange av lappene på spørsmålsmatrisen blir ikke overført til faseplanen, og kommer heller ikke med i referatet. Når spørsmålene ikke inkluderes i faseplanen er det dermed ingen rutine for når spørsmålene skal håndteres, og spørsmålene blir dermed kun tatt opp med en 2-ukers syklus, under plansjekk-økten. En av aktørene foreslår at en elektronisk faseplan og spørsmålsmatrise kunne ha vært med på å fange opp punktene i spørsmålsmatrisen bedre enn det gjøres per i dag. Da kan aktørene som ikke er til stedet på ICE-møtet følge opp spørsmålene kontinuerlig, i stedet for at spørsmålene ikke tas opp før neste ICE-møte. Dersom faseplanen også er elektronisk kan aktørene føre over resulterende aktiviteter på seg selv i faseplanen. Spørsmålsmatrisen kan da også brukes som en kommunikasjonskanal for å stille spørsmål kontinuerlig i prosjekteringsprosessen, og ikke kun i ICE-møtene.

Det anbefales å tydelig introdusere hensikten med spørsmålsmatrisen, og innføre en praksis for å håndtere spørsmålene som ikke besvares i møtet. Det anbefales å vurdere å ta i bruk en elektronisk faseplan og spørsmålsmatrise for å fange opp spørsmålsmatrisen mellom plansjekk.

### **5.1.3 Integrated Concurrent Engineering (ICE)**

#### Gjennomføring av ICE-møtet

Interne dokumenter beskriver at et ICE-møte består av plansjekk og ICE-agenda, gjennomføringen av disse er nærmere beskrevet i kapittel 4.1.3 og 4.1.4. Strinda Hageby og Powerhouse gjennomfører ICE-møter hver 14.dag. Begge prosjektene gjennomførte plansjekk av faseplanen i ICE-møtet, i tillegg til gjennomgang av spørsmålsmatrisen og målinger (PPU og rotårsaker).

Powerhouse gjennomførte både plansjekk og gjennomgang av ICE-agenda, slik de interne dokumentene beskriver et ICE-møte. Strinda Hageby har derimot valgt å erstatte ICE-agenda-delen av ICE-møtet med særmøter som gjennomføres ved behov kontinuerlig i prosjekteringsprosessen. Årsaken til dette beskrives til å være høyt tidspress og en kort tidshorisont fram mot oppstart av produksjonsfasen. Flere aktører kommenterte at man ikke nødvendigvis trenger mer tid i prosjekteringsfasen, men dersom produksjonsfasen hadde startet senere hadde det ført til en bedre prosjekteringsprosess. Når produksjonsfasen starter så tidlig inn på prosjekteringsfasen, resulterer i en stykkevis og delt gjennomføring av prosjekteringsprosessen. En slik stykkevis måte å arbeide på fører til at det oppstår mye "brannslukking", noe som går utover både framdriftsstyring, HMS og kvalitetssikring av tegningsunderlaget. Byggetiden er i stor grad avhengig av byggherren og det er vanskelig å gjøre noe med en komprimert byggetid. Det kan spekuleres i om det hadde vært en fordel å utsette oppstart av produksjonsfasen, men dette er ofte ikke en mulighet, og heller ikke et tema eller undersøkt i denne studien.

Prosjekteringsgruppen ved Strinda Hageby har vært nødt til å ta de sakene som brenner mest kontinuerlig i prosessen, og har derfor ikke hatt tid til å vente i 14-dager til neste ICE-møte med å ta opp saker. Resultatet av dette er derfor at de ikke har følt et behov for å ha noe tema i ICE-møteagendaen, da mye er avklart i særmøtene. De få temaene som er tatt opp i ICE-agendaen ved Strinda Hageby har vært på et overordnet stadium, som det ikke haster å gjennomføre. Dette strider i mot "pull-prinsippet" i Lean, i tillegg til interne dokumenter som beskriver at tema for ICE-agendaen skal begrenses til hva som er viktig å fokusere på nåværende tidspunkt.

ICE er i følge Kunz og Fischer (2009) definert som en måte å organisere en prosjekteringsgruppe på slik at aktører fra ulike disipliner deltar samtidig for å gjennomføre integrert prosjektering på en veldig rask måte. Howell (1999) beskriver også at samtidig prosjektering er i tråd med Lean-prinsipper. Når Strinda Hageby ofte har nedprioritert ICE-agenda delen av ICE-møtet, kan ikke møtet betegnes som et ICE-møte og de mister dermed mye av effekten med VDC. Et ICE-møte krever en detaljert planlagt agenda, tydelig logging av mål, aktiv problemløsning og bruk av visuelle hjelpemidler, og er ikke kun et statusmøte eller "vi møtes bare og prater"-møte. Det bør derfor vurderes å øke hyppigheten på ICE-møtene i prosjekteringsfaser med høyt tidspress og kort tidsperspektiv fram mot produksjonsfasen, eller gjøre andre tiltak for å sikre at ICE-møter blir gjennomført i henhold til ICE-prinsipper. Dette vil resultere i en mer effektiv, integrert og samtidig prosjekteringsprosess.

Det anbefales at prosjekter gjennomfører ICE-møter med både plansjekk og en ICE-agenda med aktiv problemløsning. Det anbefales å vurdere å øke hyppigheten av ICE-møte i prosjekter med høyt tidspress, eller gjøre andre tiltak for å sikre at ICE-møtene gjennomføres med en ICE-agenda.
--

## Big Room

Skanska Bygg Trondheim har på regionskontoret tilgang på et såkalt Big Room, som brukes som et møterom i ICE-møter. Rommet er utformet med to store touchskjermer hvor alle aktørene i prosjekteringsgruppen har sitteplass rundt et U-formet bordrekke. På veggen henger også en framdriftsplan og dialogmatrise med post-it-lapper som beskriver aktiviteter og spørsmål.

I litteraturen brukes både begrepet iRoom og Big Room. Begrepet Big Room stammer fra Toyota og beskrives som en plattform for samlokalisert samarbeid hvor diskusjoner og beslutninger kan gjennomføres med alle aktører tilstede (Tjell, 2010). Begrepet iRoom stammer fra CIFE og beskrives som et integrert, høyteknologisk møterom og karakteriseres av flere store skjermer som gir alle møtedeltagerne felles visning av store mengder informasjon i umiddelbar nærhet (Schreyer et al., 2005).

Prosjekteringsgruppen bruker touchskjermene i ICE-møtene til å visualisere og diskutere 3D-modellen, samt å ta notater på skjermbilder fra 3D modellen/plantegninger i programmet OneNote. Dette gjøres på en og samme skjerm. Ofte bruker tekniske fag den ene touchskjermen, mens byggfag bruker den andre. Aktørene opplever at dette fungerer bra og er en effektiv måte å jobbe på, da man unngår at en aktør over lengre tid føler at det som diskuteres ikke omhandler dem.

Sammenlignet med litteratur om CIFE sitt iRoom ser man at prosjektene bruker Big Room på en litt annerledes måte. Schreyer et al. (2005) beskriver at konseptet med iRoom er å visualisere ulike deler av samme modell, og sammenligne ulike alternativer av modellen, på flere skjermer samtidig. Kunz og Fischer (2009) anbefaler at rommet har minst tre store skjermer. Prosjektene i casestudien har tilgang på to skjermer i Big Room, men kun en av skjermene brukes i gangen av en gruppe som diskuterer et tema. Skjermene blir altså ikke brukt slik CIFE beskriver iRoom med tanke på å vise flere modeller samtidig, for å sammenligne ulike alternativer.

Liston et al. (2000) beskriver at skjermene i iRoom kan brukes til å visualisere framdriftsplaner, 3D-og 4D modeller, MS Excel kostnadsanalyse, agendaen og så videre. Ved Strinda Hageby og Powerhouse visualiseres kun 3D-modellen i ICE-møtene. Liston et al. (2000) beskriver videre at det i iRoom er mulig å velge et objekt i en programvare, for så at all relevant prosjektinformasjon vises og utheves i alle korresponderende programvarer på de andre skjermene. På denne måten kan deltagerne enkelt oppdage kritiske forhold mellom relaterte objekter. Dette er ikke noe som gjøres hos hverken Strinda Hageby og Powerhouse.

Det anbefales at prosjekteringsgruppen tar i bruk flere skjermer samtidig, for å sammenligne ulike alternativer av modellen, for å visualisere ulike deler av samme modell og for å visualisere planer/kostnadsanalyser/agendaen.
---

### Møtestruktur

Det er ikke beskrevet en detaljert møtestruktur for selve ICE-møtet som en helhet i de interne dokumentene. Venås og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (2011) beskriver i vedlegg E hvordan Veidekke gjennomfører sine "ICE-samlinger". ICE-samlingen gjennomføres som en del av en ukentlig 2-dagers-prosjekteringssamling, som starter og avslutter med et kjernemøte. Dersom man sammenligner ICE-møtet på Strinda Hageby med Veidekke sin gjennomføring av ICE-møte ser man at det er punktene "dialogmatrise, tidligere spørsmål", "dialogmatrise, nye spørsmål", "drifting av veggplan" og "målinger" er felles for begge ICE-møtene. Powerhouse Brattørkaia har i tillegg til disse, også punktet "prosjekteringsarbeid" til felles med Veidekke sin møtestruktur. Det er flere punkter på Veidekke sin plan som ikke gjennomføres på noen av prosjektene som "status modell", "A3-rapporter", "møteplan", "mål for ukens samling", "særmøter", "breakoutsession" og "beslutningslogg". Dette er punkter som kan vurderes implementert som en kjøreplan for ICE-møtet til Skanska. Spesielt bør det sikres at ICE-samhandling (direkte prosjekteringsarbeid) er en del av en helhetlig definert kjøreplan for ICE-møter.

Det anbefales å etablere en detaljert møtestruktur/kjøreplan for innholdet i ICE-møtet.

### Begrepsavklaring

I casestudien ble det avdekket at det ble brukt flere ulike begrep på ICE-møtet. Aktørene fra Strinda Hageby brukte ofte ordet "plansjekk-møte" ettersom de nedprioriterte ICE-agenda-delen av møtet. Ved møteinnkallinger brukes ordet "prosjekteringsmøte", mens prosjekteringsleder ved Powerhouse kaller møtene for "ICE-møter". "VDC-møte" er også et begrep som er tatt i bruk. Det opplevdes som endel forvirring blant aktørene under intervjuene om hva de ulike begrepene omfattet. For eksempel oppfattet noen det som at et ICE-møte kun er et møte som holdes i et rom med store touchskjermer hvor særmøter også kan holdes. Viktige ICE-prinsipper som samlokalisering, god informasjon fra andre aktører, raske avklaringer og tverrfaglig samarbeid tolkes det da som at aktørene har mindre kjennskap til. Det bør derfor informeres i større grad hensikten med et ICE-møte og hva det innebærer.

Det anbefales å informere i større grad om hensikten med ICE. Det anbefales å være konsekvent i bruk av begreper, og lage en begrepsavklaring i interne og eksterne dokumenter.

### Tidlig involvering

En av aktørene kommenterer at "manglende bemanning" ofte er rotårsaken til at aktiviteter ikke fullføres. Dette forklares med at underlaget fra forprosjektet har vært lite detaljert og

dårligere enn forventet, slik at mye ressurser har gått til å bearbeide underlaget. Aktøren har dermed undervurdert hvor mye ressurser som det faktisk var behov for i prosjektet. Hadde aktøren fått informasjon om nivået på prosjektet ved prosjektstart hadde de satt på flere ressurser for å unngå dette. Aktøren påpeker derfor at det hadde vært ønskelig med en samspillfase før oppstart av detaljprosjekteringsfasen for å finne uløste saker og kartlegge status på foreliggende underlag i forprosjektet. På denne måten blir det færre overraskelser og man unngår også at omfanget av en aktivitet blir undervurdert fordi man trodde det var ferdig løst i forprosjektet.

En annen aktør kommenterer at "undervurdert omfang" ofte er rotårsaken til at deres leveranser ikke er fullført. Dette skyldes for eksempel at ting oppstår underveis som ikke var planlagt og er nødt til å håndteres. Dette henger også sammen med at nivået forprosjektet var lite detaljert og dårligere enn forventet, som resulterte i mye endringer i detaljprosjekteringsfasen. Brookfield et al. (2004) beskriver at 80 % av produksjonskostnadene er fastsatt i de første 20% av prosjekteringsprosessen, noe som betyr at aktører med kunnskap om byggbarhet, materialer, kostnader, framtidsplaner og så videre bør involveres tidlig. Integrert prosjektering innebærer at relevante aktører involveres tidlig i prosjekteringsfasen og MacLeany-kurven (figur 8) illustrerer hvordan tidlig involvering påvirker prosjekteringsprosessen. Begge prosjektene i casestudien jobber mer lik den sorte kurven, da de fleste aktørene ble involvert i detaljprosjekteringsfasen. Khanzode et al. (2006) beskriver at å involvere aktører tidlig i prosjekteringsprosessen også er en viktig del av LPDS. I en iterativ prosjekteringsprosess er det lett å miste oversikten over hvordan og hvorfor valg er gjort, samt hvilken påvirkning endringer i produkt, prosess eller organisasjon vil ha på verdier og konsepter utformet av kunden i løpet av konseptutviklingsfasen (Khanzode et al., 2006). Det hadde derfor vært en stor forbedring å involvere aktører på et tidligere tidspunkt enn det ble gjort i prosjektene i casestudien. Å ha en integrert prosjekteringsprosess er i tråd med Lean-prinsipper og fører til en bedre utnyttelse av mulighetene som ligger i BIM (Eastman et al., 2011).

Det anbefales å ha en samspillfase før oppstart av detaljprosjekteringsfasen for å kartlegge status fra forprosjektet. Det anbefales å involvere aktørene tidligere i prosjekteringsfasen.

### Tilgang på små møterom

Aktørene opplever at mesteparten av tiden utnyttes bra, men at man må være oppmerksom dersom et tema blir for detaljert hvor kun to fag er involvert. En av aktørene føler at det hadde vært en fordel å ha små særmøter i løpet av ICE-møtet, hvor to eller flere fag kan diskutere og beslutte en ting, for så å gå gjennom konsekvensene eller nye oppgaver med resten av prosjekteringsgruppen. Det oppleves derfor som en fordel å ha tilgang på mindre møterom i forbindelse med Big Room, for å unngå sløsing i ICE-møtet.

Det anbefales å ha tilgang på mindre møterom, som tas i bruk dersom tema som diskuteres kun involverer få fag.

### ICE-agenda

Det er i casestudien observert at det er en tendens til at ICE-møtet sporer av med tanke på tema og tidsplan i ICE-agendaen. Aktørene føler at det er viktige synspunkt og problemstillinger som tas opp, og de får belyst og løst mer enn det som er planlagt i agendaen. De nye sakene som kommer opp blir enten erstattet eller baket inn som en ny problemstilling. Interne dokumenter beskriver at oppgavene i agendaen må være konkrete og beskrives i rett rekkefølge med et tidsperspektiv. Dette beskrives også i litteraturen av Chachere et al. (2004) som påpeker at å dekomponere aktivitetene i deloppgaver av kort varighet, slik at de kan stille spørsmål som kan besvares raskt og enkelt, er et suksessmål for et effektivt ICE-møte. Videre forklares det at dersom aktiviteten ikke er av en håndterbar størrelse vil mengden med omarbeid øke. Det er derfor viktig at oppgavene i agendaen er små, konkrete slik at de kan besvares raskt og enkelt.

Interne dokumenter beskriver at planleggingen av agendaen skal gjøres ved å involvere aktører fra forrige ICE-møtet. Ved prosjektene i casestudien er det som oftest prosjekteringsleder som utarbeider ICE-agendaen og det er avdekket at aktørene ikke har fokus på å sende inn punkter til agendaen på forhånd, ettersom det er åpent for å ta opp disse på ICE-møtet uansett. ICE-møtet sklir derfor ofte ut, og man mister en viktig del av hensikten med ICE.

Det anbefales å dekomponere aktiviteter i ICE-agendaen, slik at de kan besvares raskt og enkelt. Det anbefales å ha et større fokus blant aktørene på å sende inn punkter til ICE-agendaen.

### ICE-møtereferat

Etter ICE-møtet brukes malen for ICE-agendaen til å fylle ut hvilke punkter på agendaen som er fullført og eventuelt hva som gjenstår å gjøre. Skjermbilder av 3D-modellen med notater legges ved i møtereferatet, noe aktørene opplever at fungerer veldig bra og de synes det blir mye mer visuelt. Fordeling av ansvar og hva de ulike fagene skal gjøre til neste møte er også lagt med i møtereferatet. Et av intervjuobjektene påpekte at det enkelte ganger er litt mye skrift i møtereferatene og at det til tider kan ligne et tradisjonelt møtereferat. I referatet står det hva aksjonen er, hvem som skal gjøre det, men det står ikke noe tidsfrist. Det spekuleres derfor i om møtereferatene skulle ha blitt kortet ned på og i stedet erstattet aksjonene i referatet med lapper på IP-planen.



Et av intervjuobjektene sier at det kan bli litt for mange forkortelser ved beskrivelse av aksjoner og hvem som har ansvaret i møterefateret. Det poengteres at skissene må være forståelige og at det ikke er like lett for aktører som ikke har deltatt på diskusjonen å forstå skissen i etterkant.

Det anbefales å bruke skjermbilder av 3D-modellen med tydelige notater uten for mange forkortelser for å sikre at skissen er lett å forstå for aktører som ikke har deltatt på diskusjonen. Det anbefales føre aksjonene fra møterefateret over i faseplanen.

### Deltagere

I henhold til interne dokumenter så er obligatoriske deltagere i ICE-møtet prosjekteringsledelse og prosjekteringsgruppe og anbefalte deltagere er prosjektledelse, produksjonsledelse, VDC-rådgiver og BIM-koordinator. Ved Powerhouse Brattørkaia har PGL, RIB, ARK,PRL (bygg), PRL (teknisk), Prefab, RIE og fasilitator (VDC-rådgiver) vært tilstede på alle ICE-møtene. RIVrør, RIVvent, PL, BH og produksjonsleder har vært tilstede på fem av seks møter, og BIM-koordinator har kun vært tilstede på et ICE-møte. Alle disse oppleves som relevante aktører av intervjuobjektene. Spesielt oppleves fasilitator som en viktig deltager for å hindre at diskusjonene sklir ut og som en objektiv part ved plansjekken. Chachere et al. (2004) beskriver i vedlegg D at en suksessfaktor for effektiv ICE er å ha et flatt organisatorisk hierarki, og dermed er det viktig at fasilitator fører prosjekteringsgruppen inn på ønsket tema, uten å ta en ledende rolle.

Flere av intervjuobjektene påpeker at når byggherren ikke har vært representert ved ICE-møtet, har det hatt konsekvenser i form av at ting har tatt lengre tid enn nødvendig. Prosjekteringsgruppen er avhengig av byggherrebeslutninger i prosjekteringsfasen, og byggherren er dermed også en viktig deltaker på ICE-møtet. I tillegg kommenterer noen av intervjuobjektene at de har savnet noen fag i ICE-møte. Spesialfag som brann, akustikk, bygningsfysikk, belyningskonsulent og geoteknikker hadde med fordel kunne vært med i ICE-møtet når relevante tema for spesialfagene skal diskuteres. Chachere et al. (2004) beskriver i vedlegg D at en viktig suksessfaktor for ICE er at all informasjon som er relevant for modellering er tilgjengelig, og at det derfor er viktig med et nøye utvalg av deltagere til hvert møte. Det er derfor viktig å inkludere alle relevante aktører, etter som hva som er tema for ICE-møtet

Det anbefales å fortsette å bruke fasilitator i alle ICE-møtene, for å hindre at diskusjoner sklir ut, uten at fasilitator har en ledende rolle. Det anbefales å inkludere alle relevante aktører, også spesialfag, for å sikre at all relevant informasjon for tema i ICE-agendaen er tilgjengelig.

### Samlokalisert kontorlandskap

Det ble vurdert å ta i bruk samlokalisert kontorlandskap på prosjektene, men det ble valgt å kun ta i bruk samlokalisert samhandlingsrom (Big Room) hver 14.dag, da det ble vurdert slik at aktørene jobber best på sine egne kontorplasser. I intervjuene ble det avdekket en generell positiv holdning til å teste ut samlokalisert kontorlandskap, for eksempel to ganger i uken. Aktørene har tro på en ekstra gevinst ved å sitte tettere sammen, med muligheter til å gjennomføre særmøter med ulike fag. Flere aktører poengterer at de tror dette er framtidens måte å prosjektere på og at man får en mer riktig prosjekteringsprosess. Et av intervjuobjektene hadde også positive erfaring med samlokalisert kontorlandskap fra tidligere prosjekt, og påpekte at informasjonen ble mye lettere tilgjengelig og en bedre flyt. Dette er viktige prinsipper i både ICE, LEAN og VDC slik at dette er noe som med fordel kunne prøves ut i framtidige prosjekt

Det anbefales å vurdere å ta i bruk samlokalisert kontorlandskap på et framtidig VDC-prosjekt.

#### **5.1.4 Målinger**

##### Målinger av faseplanen (PPU og rotårsaker)

Målinger av PPU og rotårsaker ble gjennomført i plansjekk-økten på begge prosjektene i casestudien. Forrige ukes målinger ble gjennomgått i fellesskap på slutten av ICE-møtene. Kristensen og Nielsen (2001/2002) beskriver disse målingene som en del av styringen av arbeidsoppgaver og er en av hovedelementene i LPS.

Amerikansk forskning har vist at en PPU på 35-65 % er en gjennomsnittlig størrelsesorden på byggeplasser, noe som tyder på et stort forbedringspotensial Kristensen og Nielsen (2001/2002). Gjennomsnittlig PPU på Strinda Hageby byggetrinn 1, Strinda Hageby byggetrinn 2 og Powerhouse Brattørkaia er henholdsvis 64%, 59% og 55 %. Dette tyder på at det også er et stort forbedringspotensial i VDC-prosjektene i casestudiet. Ballard (2008) anbefaler å fokusere på tiltak for å hindre at planen ikke holdes og gi ros for læring, framfor å rette skyld. I tillegg anbefales det å fokusere på endringen av PPU over tid, framfor det absolutte PPU-nivået, ettersom det som har en betydning er hvor fort man kan lære å planlegge bedre.

Kristensen og Nielsen (2001/2002) beskriver at den umiddelbare årsaken til at en aktivitet ikke er utført kan inndeles i hovedkategorier ut ifra de syv forutsetningene for en sunn aktivitet, men dette utelukker ikke at den grunnleggende årsaken finnes tidligere i prosessen. For en grundigere årsaks-virkningsanalyse kan man bruke metoder som for eksempel "5 why's", som går ut på å spørre hvorfor aktiviteten ikke ble gjennomført 5 ganger (Kristensen og Nielsen, 2001/2002). Dette blir ikke gjennomført på prosjektene i casestudien og bør vurderes å tas i

bruk i framtidige prosjekt, spesielt med tanke på at Olsen et al. (2015) beskriver 5-why-analysen som 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. Resultatene av analysen kan brukes til å gjøre løpene forbedringer i planleggingsprosessen.

Flere av intervjuobjektene opplever at gjennomføring av plansjekk tar lang tid, og da spesielt at enkelte aktører bruker lang tid på definering av rotårsaker. Observasjonsanalysen viser at plansjekk varer 40-60 minutter lengre sammenlignet med beregnet tid i interne dokumenter. Plansjekk oppfattes som viktig og relevant for den det gjelder, men at resten av prosjekteringsgruppen sitter bare og venter. I følge Standard og Davis (1999) er det å fjerne sløsing en av hovedprinsippene innen Lean. En måte å redusere denne sløsing på er at alle aktørene gjennomgår sine aktiviteter i forkant av plansjekk-økten. Dersom faseplanen hadde vært elektronisk hadde det også vært mulig for aktørene å registrere fullførte og ikke-fullførte aktiviteter, i tillegg til rotårsaker, på forhånd av møtet. Mindre tid hadde da gått med til å avklare status på aktivitetene og mer tid er tilgjengelig til å diskutere og granske rotårsakene i en eventuell årsaks-virkningsanalyse (5 why-analyse).

Formålet med å gjennomføre løpende forbedringer er å gradvis endre arbeidsoppgavene fra "brannslukkings-oppgaver" til en mer effektiv prosessledelse (Kristensen og Nielsen, 2001/2002). Hamzeh et al. (2009) beskriver også at å lære fra feil i planleggingen ved å finne rotårsaker og utfør forebyggende tiltak er en av prinsippene i LPS. Fischer (2011) beskriver at en viktig sammenheng mellom Lean og VDC er å få dårlige nyheter tidlig ved å gjennomføre målinger. Det oppfattes som at prosjektene i casestudiene er gode til å gjennomføre målinger av PPU og rotårsaker, men har mindre fokus på å finne bakenforliggende årsaker, utføre forebyggende tiltak og kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen.

Det anbefales å fokusere på endringen av PPU over tid, framfor det absolutte PPU-nivået. Det anbefales at alle aktører stiller forberedt til plansjekk-økten med tanke på rotårsaker. Det anbefales å vurdere å innføre elektronisk registrering av rotårsaker som gjøres av aktørene i forkant av plansjekk-økten. Det anbefales å gjennomføre årsaks-virkningsanalyse (5 why-analyse) for å avdekke bakenforliggende årsaker. Det anbefales å ha fokus på å utføre forebyggende tiltak på grunnlag av målingene av faseplanen og ha en kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen.

### Målinger av ICE-møtet

I prosjektene i casestudien ble det gjennomført pluss/delta analyse og evaluering av ICE-møtet på slutten av ICE-møtet. Kun to av totalt seks ICE-møtereferat inneholder disse målingene.

Resultatet av en studie utført av Garcia et al. (2003) viste at store fraksjoner av møtetiden produserer liten verdi. Møteagendaen er et viktig element for å sikre effektive møter, og

studien viste at mer enn 30% av agendaen kun var deling av prosjektinformasjon. Videre beskrives det at en test case hvor agendaen ble effektivisert ved hjelp av DEEPAND viste 30% forbedring i både målt og oppfattet møtekvalitet, samtidig som varigheten av møtet ble betydelig redusert. Dette antyder at bedre planlegging av agendaen kan forbedre effektiviteten og kostnader av tverrfaglige møter (Garcia et al., 2003). Det er derfor en stor gevinst å utføre målinger og det bør derfor vurderes å ta bruk flere typer målinger av ICE-agendaen og ICE-møtet.

Andre typer målinger av selve ICE-agendaen som ble ikke tatt i bruk på prosjektene i casestudien er DEEPAND, måling av respons- og behandlingstid for forespørsler og mengden endringer. Disse type målinger kan bidra med å gi et mer bevisst forhold til ulike muligheter for forbedring av ICE-møtene.

Det anbefales å gjennomføre og inkludere pluss/delta analyse og evaluering av ICE-møtet i alle ICE-møtereferatene. Det anbefales å vurdere å ta i bruk flere typer målinger av ICE-agendaen og ICE-møtet. Det anbefales å ha fokus på å utføre forebyggende tiltak på grunnlag av målingene i ICE-møtet og ha en kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen.

### **5.1.5 BIM**

#### Hovedbruksområder for BIM i prosjekteringsfasen

Hovedbruksområdene for BIM i prosjekteringsfasen er i begge prosjektene i casestudiet kvalitetssikring (intern-, tverrfaglig og kollisjonskontroll) og visualisering av 3D-modellen i møter. I henhold til BIM-manualen skal det også gjennomføres statusmerking av objekter for å forhindre at en aktør jobber unødvendig med andre disipliners underlag som ikke er tilstrekkelig gjennomarbeidet. Et av intervjuobjektene forteller at de savner muligheten for en enkel statusmarkering, slik at man ser hva som har kommet langt i arbeidstegningsnivå, og hva som er på skissenivå. Forbes og Ahmed (2010) beskriver at BIM støtter Lean-prinsippet om å redusere eller eliminere sløsing. For å etterleve dette Lean-prinsippet er det derfor et verdifullt tiltak å stille krav til statusmarkerte objekter, da dette kan redusere sløsing både i prosjekterings- og produksjonsfasen i form av at aktører ikke prosjekterer eller bygger etter uferdige BIM-modeller.

BIM er i følge Sacks et al. (2010) en essensiell del av VDC da prosjektformen er orientert rundt bruk av informasjonsteknologi og virtuelle modeller. Det gir en god visuell framstilling av produkt, organisasjon og prosess og gir en høy grad av forståelse hos alle aktørene (Forbes og Ahmed, 2010). Khanzode et al. (2006) beskriver at det er utviklet tre type modelleringsverktøy som en del av rammeverket VDC: produktvisualiseringsverktøy (3D-modell), produkt- og prosessmodelleringsverktøy (4D-modell) og organisasjons- og prosessmodelleringsverktøy. Mandujano et al. (2017) beskriver også at BIM kan relateres til andre metoder og verktøy som

for eksempel framdriftsplaner, beslutningsmodeller, organisasjonsmodeller og 4D modeller. I prosjektene i casestudien brukes BIM kun som et produktvisualiseringsverktøy, altså 3D-modellen av bygget. I det midlertidige dokumentet "VDC i Skanska" er det heller ikke stilt noen krav til å benytte for eksempel 4D/5D-modellering eller Virtual/Augmented Reality i VDC-prosjekter, men det er beskrevet som en mulighet etter at grunnleggende BIM-implementering er gjennomført.

Kunz og Fischer (2009) påpeker det at det noen ganger er oppstått en misforståelse i form av at begrepene BIM og VDC brukes om hverandre, noe som ikke er riktig da BIM kun er en del av rammeverket VDC. Videre beskrives det at BIM er et nyttig verktøy, men begrensende i den betydning av at problemer ofte oppstår i interaksjoner mellom selve bygget, organisasjonen og prosessen. Ut i fra denne kunnskapen bør det derfor tas i bruk flere modelleringsverktøy for å fullt ut utnytte prinsippene i VDC og den grunnleggende visjonen om å flytte hele byggeprosjektet inn i den virtuelle verden.

I prosjekteringsfasen anses det som nærliggende å ta i bruk 4D-modeller. En av aktørene i intervjuguiden poengterer også at det kunne vært nyttig å simulere framdriften i prosjekteringsfasen i forhold til hvordan man skal bygge i produksjonsfasen. Kunz og Fischer (2009) beskriver at en 4D-modell er mye mer forståelig enn tradisjonelle Gantt-planer. Bruk av databaserte visuelle modeller vil forbedre kommunikasjon av informasjon, redusere latens/kommunikasjonstregghet og øke samarbeid og eierskap til prosjektet (Kunz and Fischer, 2009).

Det anbefales å stille krav om å statusmarkere objekter i BIM-modellen. Det anbefales å ta i bruk 4D-modellering i framtidige VDC-prosjekt.

### Visualisering av BIM-modellen i møter

Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene at det å utnytte 3D-modellen til visualisering i møter har en stor gevinst. Aktørene beskriver at det kan være vanskelig å få overblikk med papirtegninger da aktører oppdaterer modellen ofte, og man risikerer å se på tegninger som ikke stemmer. Dette beskrives også av Kunz og Fischer (2009) som forklarer at visuelle 3D-modeller gjør innholdet i modellene forståelig i større grad sammenlignet med tradisjonelle papirtegninger. Canada (2011) konkluderte i sin rapport med at BIM reduserer behovet for ulike typer papirtegninger. BIM-manualen beskriver også at BIM skaper generelt sett en bedre oversikt og et større engasjement blant møtedeltakere enn bruk av tradisjonelle tegninger. Bruk av 3D-modeller sikrer god, helhetlig og konkretisert forståelse av temaer. BIM gjør det lettere å oppdage og fjerne flere aspekter ved sløsing som oppstår tidlig i prosjekteringsfasen, men som ellers ikke hadde blitt oppdaget før i produksjonsfasen (Forbes og Ahmed, 2010).

Resultatene fra casestudien sier at 3D-modellen brukes veldig aktivt i særmøter til kommunikasjon og samhandling. I tillegg brukes modellen ofte utenom alt av møter, som i e-post og ved telefonsamtaler. En av aktørene forteller også at de har tatt i bruk Skype-møter hvor de deler skjermbilde av 3D-modellen for bedre visualisering noe som har fungert veldig bra. Dette korrelerer godt med Skanska sitt ønske (som er presentert i BIM-manualen) om å benytte BIM som kommunikasjonsunderlag i alle møter og samhandlingsfora hvor det er hensiktsmessig for prosjektet.

I henhold til det midlertidige dokumentet "VDC i Skanska" skal touchskjermer benyttes som samhandlingsverktøy i møter. Per dags dato har prosjekteringsgruppen i casestudiet kun tilgang på touchskjermer i selve Big Room på regionskontoret i Trondheim. Etersom ICE-agenda-delen av ICE-møtene ble nedprioritert på Strinda Hageby ble touchskjermene mindre brukt enn på Powerhouse Brattørkaia. Et av intervjuobjektene kommenterer at det hadde vært en fordel å ha touchskjermen også på brakkeriggen for å kunne holde møter ved behov.

Når det gjelder forbedringspotensial ved bruk av BIM forteller flere av intervjuobjektene at selve utstyret kunne ha fungert bedre rent teknisk. Det oppleves at det litt for ofte blir tekniske problemer ved navigering i Solibri på touchskjerm. De sier at dette mest sannsynlig er en treningssak, men det spekuleres i om modellen kanskje er for tung og datasystemet for tregt. VDC-fasilitator med erfaring i bruk av touchskjerm har vært verdifull når det oppstår tekniske problemer i ICE-møter. Det er viktig å teste ut teknisk utstyr før ICE-møtene da det kan spare mye tid i form av tekniske problemer. BIM-modellen må være oppdatert og fungerer som den skal, One Note må være oppe med ICE-agendaen klarlagt for å fylle inn ukens referat og alle web-hotell må være åpnet og testet.

Et av intervjuobjektene sier at det hadde vært ønskelig med et tydeligere bilde, og stiller spørsmålsteget til om det er noen grafiske innstillinger på touchskjermen eller programvaren som kan gjøre modellen tydeligere. BIM-koordinator har også kommentert at grafikken i skjermbildene fra modellen i møtereferatene er dårlig og at det finnes innstillinger som kan endre på dette. Et annet intervjuobjekt kommenterer det samme og forteller at programmet Archicad gir et mye bedre bilde i forhold til platekledning og hva som er hvor. 3D-modellen i Solibri kan i enkelte tilfeller være misledende. Det å ta mål i modellen Solibri oppleves også som tungvint. I tillegg kommenteres det at det hadde vært lettere å skrive kommentarer i selve BIM-modellen i stedet for å ta en "screenshot" og kopiere over i One Note.

Det anbefales å investere i flere touchskjermer ut på byggeplass. Det anbefales å gjennomføre teknisk opplæring i navigering av 3D-modellen på touchskjermen. Det anbefales å klarlegge teknisk utstyr før ICE-møtet. Det anbefales å gjøre innstillinger på grafikken 3D-modellen for å gi tydeligere skjermbilde i møtereferatene. Det anbefales å utforske nye programmer som gir en mer virkelighetsnær visualisering og med muligheter til å ta notater i selve programmet.

### Oppstartsmøte BIM

I henhold til BIM-manualen skal oppstartsmøte for BIM avholdes etter at alle prosjekterende er kontrahert, hvor prosjekteringsleder, BIM-koordinator og en person fra alle prosjekterende disipliner deltar. I dette oppstartsmøtet fylles det ut et dokument som skaper et rammeverk for alle prosjekterende og bestemmer de prosjektspesifikke rammene for god dataflyt, tverrfaglig prosjektering og samarbeid i prosjektet. Ved prosjektene i casestudie ble dette oppstartsmøtet ikke gjennomført før et stykke ut i detaljprosjekteringsfasen.

Årsaken til at oppstartsmøte for BIM ofte utsettes er at de fleste aktører bruker sine systemer og sine manualer ved prosjektering. Dette oppleves som et stort forbedringspotensial med tanke på å avstemme kvalitetsforventninger til hva som skal være med av informasjon i modellen i forhold til best mulig utbytte av 3D-modellen i produksjonsfasen. Det er ikke gjennomført en omfattende undersøkelse om hvilken informasjon som legges inn i modellen i denne studien, men det kan allikevel påpekes at det mangler mye av "informasjonsdelen" av BIM, som for eksempel informasjon som går på mengder, beskrivelser, ID (veggnøkler) og så videre. Der er derfor en stor fordel om oppstartsmøte for BIM holdes med en gang alle prosjekterende er kontrahert for å sikre kvalitetsforventningene og en "rød tråd" gjennom hele prosjektet.

I BIM-manualen står det beskrevet at det aldri skal være tvetydighet mellom modell og tegninger da alle tegninger er generert fra modellen. Tegninger, mengdelister og andre rapporter blir produsert fra modellen, istedenfor at disse må utarbeides på tradisjonelt vis. Uten et oppstartsmøte BIM tidlig i prosessen risikerer man at det går ut over kvaliteten av produksjonsunderlaget og som igjen resulterer i mer sløsing i produksjonsfasen. Olsen et al. (2015) beskriver også at modellkravene for BIM avklares i oppstartsmøtet, og legger derfor til rette for et godt samarbeid og en god utnyttelse av BIM-modellen. Undersøkelser gjort av Ingvaldsen (1994) viser at av byggeskader analysert av Norges Byggforskningsinstitutt så kan cirka 35% av feil og mangler tilbakeføres til prosjekteringen. Andre undersøkelser, basert på erfaringer fra flere land, underbygger at prosjekteringsfeil og unnlater forårsaker 35-55 % av byggeskadene (Meland, 2000). I henhold til Lean-prinsippet om å redusere sløsing er det derfor et viktig tiltak å sikre kvalitetsforventningene i BIM.

Det anbefales å gjennomføre oppstartsmøte for BIM med en gang alle prosjekterende er kontrahert, for å sikre kvalitetsforventninger til objekt-informasjon og en "rød tråd" gjennom hele prosjektet.

### Kvalitetssikring (Intern-, tverrfaglig- og kollisjonskontroll)

VDC-prosjektene gjennomfører kollisjonskontroll sporadisk "når prosjektet kommer på det" og uten en fast rutine. I tillegg er enkelte fag dårlig til å både oppdatere BIM-modellen ukentlig og til å gjennomføre intern- og tverrfaglig kontroll. Det er ikke definerte krav til gjennomføring av

kvalitetssikring av BIM-modellen i BIM-manualen og det er opp til hvert prosjekt å definere kravene.

Intervjuobjektene opplever usikkerhet vedrørende rutinen rundt kollisjonskontrollen. Ved Strinda Hageby kommenteres det at kollisjonskontrollene er for sene i forhold til leveranser av arbeidstegninger. På Powerhouse har man ikke kommet så langt i prosjekteringen enda, men det nærmer seg arbeidstegningsproduksjon og det er fremdeles uklart hva rutinen for kollisjonskontroll egentlig er og hvor ansvaret ligger. Det burde ha vært en plan for når de ulike kollisjonskontrollene utføres og på hvilke områder, og det må settes opp i samråd med produksjon. Det burde også ha vært satt opp en plan for en møteserie der man går gjennom kollisjonskontrollen.

Flere av aktørene kommenterer at når man er presset på tid blir kvalitetssikring nedprioritert. Dersom det må gjøres mye endringer har aktøren lyst å få med så mye som mulig for å vise at man er langt i prosessen, og dermed kutter man ut noen kontroller. Når man har for liten tid fører det til at kvalitetssikringen gjøres på et for sent tidspunkt, på feil tidspunkt og ikke nøyaktig nok. Det er derfor tydelig at dårlig tid påvirker kvalitetssikring av modellene.

Et annet tiltak som nevnes er at man på forhånd må være helt enig om hva som er en kollisjon og ikke, for eksempel fleksible rør som sneier en betongsøyle. Skanska bør også bli bedre til å gjennomføre stikkprøvekontroller, noe som et intervjuobjekt forteller ikke er blitt gjort i tilstrekkelig grad på grunn av manglende kapasitet. Dette blir fort nedprioritert når man har dårlig tid.

Det anbefales å ha en tydelig definert rutine for når kollisjonskontrollene skal utføres og på hvilke områder. Det anbefales å ha en møteserie hvor kollisjonskontrollen gjennomgås i fellesskap. Det anbefales å tydelig definere hva som er definert som en kollisjon. Det anbefales å gjennomføre flere stikkprøvekontroller på intern- og tverrfaglig kontroll.

### Standardisere BIM som et endringsinitiativ

I dag bruker stort sett alle prosjektene i Skanska BIM modeller i en eller annen form, men i følge det midlertidige dokumentet «VDC i Skanska» er ønsket med VDC-satsingen at man skal standardisere arbeidet enda mer, slik at det ikke blir et stort gap i kompetansen og bruken i prosjektene. Liker (2004) beskriver også, som en del av Lean-prinsipper, at standardiserte oppgaver er grunnlaget for kontinuerlig forbedring og utvikling av ansatte. I casestudien er det avdekket at dette ikke gjennomføres i tilstrekkelig grad basert på følgende funn som er presentert i dette delkapittelet:

- BIM-oppstartsmøtet gjennomføres for sent
- Usikkerhet rundt kvalitetsforventinger til hva som skal være med av informasjon i modellen



- Usikkerhet rundt gjennomføring av kollisjonskontroll som gjennomføres av BIM-koordinator
- Overholder ikke frister til intern-kontroll, tverrfagligkontroll og kollisjonskontroll?
- For lite stikkprøver på intern- og tverrfaglig kontroll

For å oppnå ønsket om et mer standardisert arbeid med BIM er det derfor nødvendig med tiltak for å forhindre disse punktene.

Det anbefales å standardisere arbeidet med BIM ved å:

- gjennomføre oppstartsmøte for BIM med engang alle prosjekterende er kontrahert
- tydelig kommunisere kvalitetsforventinger til objekt-informasjon i 3D-modellen
- tydelig kommunisere rutine for kollisjonskontroll
- oftere gjennomføre stikkprøver på intern- og tverrfaglig kontroll

### 5.1.6 Oppsummering av forbedringspotensial

*I dette kapittelet oppsummeres anbefalingene til forbedringer som er identifisert gjennom resultatene og diskusjonen.*

Mange av anbefalingene presentert i denne studien går på forståelse av hva som ligger i VDC-begreper som involverende planlegging og ICE, for å sikre en grunnleggende forståelse av VDC-metodikk blant aktørene i prosjekteringsgruppen. I overgangen mellom byggetrinn 1 og 2 på Strinda Hageby er det avdekket at mange i prosjekteringsgruppen har opparbeidet seg verdifulle erfaringer som fører til store forbedringer inn i den nye fasen. Dette tyder på at mye av forbedringspotensialet ligger i manglende erfaring i bruk av VDC-metoder. VDC er enda et nytt rammeverk i byggebransjen i Norge, slik at det vil være en stor fordel med tiltak som bidrar til at innkjøringsfasen i framtidige VDC-prosjekt blir mest mulig smidig og effektiv. Erfaringsoverføringer fra blant annet denne studien vil bidra til en raskere og bedre implementering av VDC. Det optimale er at nye VDC-prosjekter kan gjøre rett allerede på første forsøk, og lære av mangler og utfordringer på tidligere prosjekter. På den måten får man en kontinuerlig forbedring og man slipper å gjøre de samme feilene om og om igjen.

Anbefalingene som går på involverende planlegging omhandler å få alle aktivitetene opp på planen slik at de ikke er spredt utover mange type dokumenter og plattformer. Aktivitetene må ha riktig størrelse og komme i rett rekkefølge i faseplanen. Tabell 22 viser en oversikt over generelle anbefalinger knyttet til VDC og involverende planlegging.

Tiltak knyttet til	Tiltak
Begrepsapparat	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Det anbefales å være konsekvent ved bruk av begreper i VDC</li> <li>▪ Det anbefales å inkludere begrepsavklaring i interne dokumenter og prosjektbasert informasjonshefte for å sikre et felles språk i prosjekteringsgruppen</li> </ul>
VDC-prosess	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Det anbefales å gjennomføre plansjekk med en syklus som sikrer god kontakt med framdriften</li> <li>▪ Det anbefales å ha en kort prognoseperiode ved planlegging i prosjekteringsfasen</li> <li>▪ Tydelig introdusere hensikten med spørsmålsmatrisen, og innføre en praksis for å håndtere spørsmålene som ikke besvares i møtet</li> <li>▪ Ta i bruk en elektronisk faseplan og spørsmålsmatrise med redigeringsmuligheter for prosjekteringsgruppen for å: <ul style="list-style-type: none"> <li>- sikre at alle aktiviteter som oppstår mellom plansjekk-øktene fanges opp</li> <li>- legge inn avhengigheter og bruke planen som et varslingsystem for aktiviteter som ikke blir utført tidsnok</li> <li>- fange opp spørsmålsmatrisen mellom plansjekk</li> </ul> </li> </ul>
Kommunikasjon	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kommunisere i større grad viktigheten av å være en god "bestiller"</li> <li>▪ Kommunisere i større grad viktigheten av å dele opp leveranser i mindre deler</li> <li>▪ Kommunisere i større grad viktigheten av at aktiviteter er sunn basert på de syv forutsetningene</li> <li>▪ Innarbeide en praksis om å varsle i fra dersom en aktivitet ikke gjennomføres til avtalt tid</li> <li>▪ Beskrive de syv forutsetningene for sunnhet i interne dokumenter og prosjektbasert informasjonshefte for prosjekteringsgruppen</li> </ul>
Planlegging	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alle aktiviteter kommer opp på planen</li> <li>▪ Aktivitetene er konkrete slik at andre aktører forstår omfanget av aktiviteten</li> <li>▪ Kvalitetssikre aktivitetene på planen med tanke på størrelse, både av prosjekteringsgruppen og av prosjekteringsleder som har overblikk over hele prosjekteringsprosessen</li> <li>▪ Kvalitetssikre sunnheten til aktiviteten basert på de syv forutsetningene for sunnhet</li> <li>▪ Alle aktiviteter fra ICE-møtet fanges opp på planen</li> </ul>

Tabell 20: Anbefalinger knyttet til VDC og involverende planlegging

Anbefalingene knyttet til ICE går blant annet på å effektivisere gjennomføringen av ICE-møter i form av en konkret ICE-agenda med små aktiviteter, og en best mulig utnyttelse av samlokaliseringen og de tekniske verktøyene. Tabell 21 oppsummerer anbefalinger er identifisert knyttet til ICE.

Tiltak knyttet til	Tiltak
Begrepsapparat	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informere i større grad om hensikten med ICE.</li> <li>▪ Være konsekvent i bruk av begreper, og lage en begrepsavklaring i interne og eksterne dokumenter</li> </ul>
Prosess	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gjennomfør ICE-møter med både plansjekk og en ICE-agenda med aktiv problemløsning</li> <li>▪ Etabler en detaljert møtestruktur/kjøreplan for innholdet i ICE-møtet</li> <li>▪ Øk hyppigheten av ICE-møter i prosjekter med høyt tidspres, eller gjennomfør andre tiltak for å sikre at ICE-møtene gjennomføres med en ICE-agenda</li> <li>▪ Klarlegg teknisk utstyr før ICE-møtet</li> <li>▪ Prosjekteringsgruppen tar i bruk flere skjermer samtidig for å: <ul style="list-style-type: none"> <li>- sammenligne ulike alternativer av modellen</li> <li>- visualisere ulike deler av samme modell</li> <li>- visualisere planer/kostnadsanalyser/ICE-agendaen</li> </ul> </li> <li>▪ Gjennomfør en samspillsfase før oppstart av detaljprosjekteringsfasen for å kartlegge status fra forprosjektet</li> <li>▪ Involvere aktørene tidligere i prosjekteringsfasen</li> <li>▪ Ha tilgang på mindre møterom, som tas i bruk dersom tema som diskuteres i ICE-møtet kun involverer få fag</li> <li>▪ Dekomponer aktiviteter i ICE-agendaen, slik at de kan besvares raskt og enkelt</li> <li>▪ Ha et større fokus på at aktørene skal sende inn punkter til ICE-agendaen</li> <li>▪ Bruk skjermbilder av 3D-modellen med tydelige notater uten for mange forkortelser for å sikre at skissen er lett å forstå for aktører som ikke har deltatt på diskusjonen</li> <li>▪ Førre aksjonene fra møtereferatet over i faseplanen</li> <li>▪ Fortsette å bruke fasilitator i alle ICE-møtene, for å hindre at diskusjoner sklir ut, uten at fasilitator har en ledende rolle</li> <li>▪ Inkluder alt relevante aktører, også spesialfag, for å sikre at all relevant informasjon for tema i ICE-agendaen er tilgjengelig</li> <li>▪ Vurder å ta i bruk samlokalisert kontorlandskap på et framtidig VDC-prosjekt</li> </ul>

Tabell 21: Anbefalinger knyttet til ICE

Anbefalingene som er knyttet til målinger går på å effektivisere selve gjennomføringen av målingene, i tillegg til å bedre utnytte seg av målingene i form av kontinuerlig forbedring. Tabell 22 viser anbefalinger er identifisert knyttet til målinger.

Tiltak knyttet til	Tiltak
Forberedelser	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alle aktørene stiller forberedt til plansjekk-økten med tanke på rotårsaker</li> <li>▪ Innføre elektronisk registrering av rotårsaker som fylles inn av aktørene i forkant av plansjekk-økten</li> </ul>
Prosess	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Det anbefales å fokusere på endringen av PPU over tid, framfor det absolutte PPU-nivået.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gjennomføre årsaks-virkningsanalyse (5-why-analyse) for å avdekke bakenforliggende årsaker</li> <li>▪ Ha fokus på å utføre forebyggende tiltak på grunnlag av målinger av faseplanen og ICE-møtet og ha en kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen</li> <li>▪ Gjennomfør og inkluder pluss/delta-analyse og evaluering av ICE-møter i alle ICE-møtereferatene</li> <li>▪ Vurder å ta i bruk flere typer målinger av ICE-agendaen og ICE-møtet</li> </ul>
--	---

Tabell 22: Anbefalinger knyttet til målinger

Anbefalingene som er knyttet til BIM går på å standardisere arbeidet for å sikre at kvalitetskontroll av BIM-modellen gjennomføres. Anbefalingene beskriver også tiltak for å bedre utnytte seg av visualisering og bruk av BIM-modellen. Tabell 23 viser anbefalinger som er identifisert når det gjelder BIM.

Tiltak knyttet til	Tiltak
Begrepsapparat	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definer tydelig hva som er definert som en kollisjon</li> </ul>
BIM-modellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Still krav om å statusmarkere objekter i BIM-modellen</li> </ul>
Bruk av modellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ta i bruk 4D-modellering i framtidige VDC-prosjekt</li> <li>▪ Gjøre innstillinger på grafikken i 3D-modellen for å gi et tydeligere skjermbilde i møtereferatene</li> <li>▪ Utforsk nye programmer som gir en mer virkelighetsnær visualisering og med muligheter til å ta notater i selve programmet</li> <li>▪ Ha en tydelig definert rutine for når kollisjonskontrollene skal utføres og på hvilke områder</li> <li>▪ Gjennomfør flere stikkprøvekontroller på intern- og tverrfaglig kontroll</li> </ul>
Utstyr	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Invester i flere touchskjermer ut på byggeplass</li> </ul>
Opplæring	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gjennomfør teknisk opplæring i navigering av 3D-modellen på touchskjermen</li> </ul>
Prosess	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gjennomfør oppstartsmøte BIM med en gang alle prosjekterende er kontrahert, for å sikre kvalitetsforventninger til objekt-informasjon og en "rød tråd" gjennom hele prosjektet</li> <li>▪ Ha en møteserie hvor kollisjonskontrollen gjennomgås i felleskap</li> </ul>

Tabell 23: Anbefalinger knyttet til BIM

## 5.2 Effekt av VDC i prosjekteringsfasen

I dette kapittelet drøftes og besvares forskningsspørsmålet "Hvilken effekt har VDC-metodikk på prosjekteringsprosessen?". Innledningsvis presenteres en oppsummering av hvilken effekt intervjuobjektene opplevde at VDC-metodikk har på prosjekteringsprosessen til VDC-prosjektene i casestudiet. Effektene som er avdekket drøftes opp mot generelle utfordringer som oppstår i prosjekteringsfasen og opp mot effekter som presenteres i teori.

### 5.2.1 Opplevd effekt av VDC i casestudiet

Det er viktig å påpeke at det er for tidlig å konkludere med at effektene som er avdekket i denne studien er en direkte konsekvens av VDC-metoder og VDC-verktøy, da dette krever en betydelig større forskning av flere prosjekter. Prosjektene i casestudien er de første VDC-prosjektene i Skanska Bygg Trondheim og de fleste aktørene har ikke erfaringer med VDC fra tidligere prosjekt. Denne studien belyser derfor hvilke effekter intervjuobjektene opplevde, sammenlignet med en tradisjonell prosjekteringsprosess, i de respektive VDC-prosjektene. Flere av intervjuobjektene påpekte at det var for tidlig å besvare spørsmål i forhold til effekt, og at det var usikkerhet rundt hva som skyltes VDC og hva som var prosjekt- eller personavhengig. Resultatene kan allikevel bidra med å gi en pekepinn på hva som har fungert bra og hva som må forbedres i den videre utviklingen av implementering av VDC.

Tabell 20 viser en oversikt over opplevd effekt av VDC i casestudiet sortert etter de ulike VDC-elementene: Involverende planlegging, ICE, Målinger og BIM.

VDC-element	Opplevd effekt
Involverende planlegging (bakoverplanlegging og plansjekk)	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Godt visuelt verktøy</li><li>▪ Gir bedre oversikt over prosjekteringsfasen</li><li>▪ Illustrativ måte å se avhengigheter på</li><li>▪ Synliggjør tidsperspektivet</li><li>▪ Bedre oversikt over omfanget av aktivitetene</li><li>▪ Samlet fokus på fremdrift</li><li>▪ Samkjørt hvor man jobber akkurat nå</li><li>▪ Større eierskap og forpliktelse</li><li>▪ Mer realistisk plan</li><li>▪ Flere aktiviteter belyses</li><li>▪ Spørsmålsmatrisen synliggjør spørsmål</li><li>▪ Synliggjør detaljer av hva som forventes</li></ul>
ICE	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Større påvirkning på iterasjonsprosessene</li><li>▪ Ser hvilke konsekvenser avgjørelser har</li></ul>
Målinger	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Bedre motivasjon</li><li>▪ Ansvarliggjør aktørene</li><li>▪ Synliggjør hva som mangler og hvorfor</li><li>▪ Synliggjør kritiske aktiviteter</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Synliggjør forbedringspotensial</li> </ul>
BIM	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bedre visualisering</li> <li>▪ Bedre møtereferat i forhold til å inkludere 3D-modellen</li> </ul>

Tabell 24: Opplevd effekt av VDC sortert etter VDC-element

I intervjuguiden ble en rekke mulige effekter av VDC satt opp som spørsmål og spurt intervjuobjektene om stemte eller ikke. I tillegg ble det avdekt nye effekter i løpet av intervjuene. Tabell 21 viser en oversikt over effekter som ble undersøkt fra intervjuguiden, i tillegg til de nye effektene som ble avdekket i løpet av intervjuene. Disse er sortert etter hvor stor andel av intervjuobjektene som sa seg henholdsvis enig, usikker eller uenig i påstandene.

Opplevd effekt av VDC i prosjekteringsprosessen i casestudien		
De fleste intervjuobjektene er <u>enig</u> i at VDC har ført til:	Intervjuobjektene er <u>uenig/usikker</u> om VDC har ført til:	De fleste intervjuobjektene er <u>uenig</u> i at VDC har ført til:
Bedre samarbeidsklima og samspill i prosjekteringsgruppen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jobber mer samkjørt</li> <li>▪ Bedre grensesnitt-håndtering</li> </ul>	Jevnere ressursintensitet <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ For tidlig å konkludere</li> <li>▪ De fleste mente ingen endring på dette</li> <li>▪ En mente at IP førte til at det ble lettere å planlegge bemanning og dermed jevnere ressursintensitet</li> <li>▪ Uforholdsmessig tidspress ødelegger effekten</li> </ul>	Mindre tids-og arbeidspress <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Generell oppfatning om at det ikke har vært en forskjell</li> <li>▪ Eventuell effekt ødelagt av kort tidshorisont fram mot produksjonsfasen</li> <li>▪ En aktør sier tids-og arbeidspresset øker, men får mer ut av hver time som legges ned i prosjektet</li> </ul>
Bedre underlag for å gjøre prosjekteringsarbeidet <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entydig forståelse for leveranser andre aktører trenger, og hvorfor de trenger det, og hvilken detaljgrad</li> </ul>	Mindre mail og kommunikasjon utenom ICE-møtene <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Liten forskjell</li> <li>▪ Fortsatt mye mail som går på "brannslukking"</li> <li>▪ Mindre mailkorrespondanse som går på framdrift (bortsett fra fag med kort tidshorisont fram mot produksjon)</li> <li>▪ En aktør merket reduksjon på mail som går på avklaringer</li> <li>▪ Særmøter mellom ICE-møter er nødvendig</li> </ul>	Bedre integrering av prosjektering og produksjonsprosesser <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aktørene mener entrepriseformen er avgjørende for dette, og ikke VDC</li> </ul>

<p>Bedre tverrfaglig oversikt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alt synliggjøres</li> <li>▪ Tydelig hva som forventes når av de andre aktørene</li> </ul>	<p>Mindre omprosjektering i prosjekteringsfasen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ For tidlig å konkludere</li> <li>▪ Ulik oppfatning</li> <li>▪ Noen mener at visualisering av 3D-modellen, involvering og at det er lettere å se konsekvenser har ført til mindre omprosjektering</li> <li>▪ For tidlig å si noe om ettersom mesteparten av omprosjekteringer oppstår i produksjonsfasen</li> </ul>	<p>Bedre HMS i prosjekteringen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingen effekt</li> <li>▪ Kan ikke henges på VDC som metode</li> <li>▪ Personavhengig</li> <li>▪ En av aktørene påpeker at en god dialog gjør det lettere å se konsekvenser som kan føre til bedre HMS</li> </ul>
<p>At kritiske aktiviteter løftes opp tidligere</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tidlig oversikt over omfanget av alle aktivitetene</li> <li>▪ Tidlig oversikt over omfanget av alle aktivitetene</li> <li>▪ Leveransedatoer fra produksjon fører til at diskusjoner løftes tidligere</li> </ul>	<p>Bedre prosjekteringsprosess</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ For tidlig å konkludere</li> <li>▪ Usikkert hva som skyldes VDC og hva som er prosjekt og personavhengig</li> <li>▪ En av aktørene sier at et godt prosjekteringsmøte ikke nødvendigvis er en VDC-prosess, men et møte med takhøyde for å luften problemstillinger</li> <li>▪ En aktør forteller at IP har ført til at tegninger og underlag har kommet tidligere</li> <li>▪ Et av aktørene mente det var liten forskjell, men mest med tanke på koordinering</li> </ul>	
<p>Større eierskap til prosjektet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aktørene bidrar mer i prosjektet</li> <li>▪ Aktiviteter gjennomføres i større grad</li> </ul>	<p>Bedre produksjonsprosess</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ For tidlig å konkludere</li> <li>▪ Liten forskjell</li> <li>▪ En aktør sier at BIM og visualisering av 3D-modellen har bidratt til bedre produksjonsunderlag</li> </ul>	

<p>Større fokus på å nå delmål</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fokus på korte tidsintervaller på plansjekk</li> <li>▪ Det som må utføres konkretiseres</li> </ul>		
--	--	--

Tabell 25: Opplevd effekt av VDC i prosjekteringsprosessen i casestudien

## 5.2.2 Effekt av VDC på bakgrunn av utfordringer i prosjekteringsfasen

Funn fra casestudiet viser at det intervjuobjektene anser som de største utfordringene i prosjekteringsfasen er:

- Tidspress på grunn av kort tid fram mot produksjonsfasen
- Å se konsekvenser av avgjørelser langt fram i prosessen -
- Faseovergangen mellom forprosjekt og detaljprosjekteringsfasen (usikkerhet rundt hva som foreligger i forprosjektet)
- Lite detaljert forprosjekt
- Uforutsette utfordringer som dukker opp underveis i prosessen
- Kommunikasjon mellom aktørene i prosjekteringsgruppen
- Dårlig økonomi

Ut i fra effektene avdekket i tabell 20 og 21 ser man at implementering av VDC fører til en direkte forbedring av spesielt to av disse utfordringene: å se konsekvenser langt fram i prosessen og kommunikasjon mellom aktørene i prosjekteringsgruppen. Flere av aktørene beskriver at både ICE og involverende planlegging gjør det lettere å vurdere hvilke framtidige konsekvenser avgjørelser har lengre frem i prosessen. Dette er viktig for å avklare hva som er viktig og ta de rette beslutningene basert på kvalitet, kostnad og byggbarhet. I tillegg fører involvering av aktørene i bakoverplanlegging og ICE-møter til bedre samarbeidsklima og dermed også bedre kommunikasjon mellom aktørene. Aktørene føler prosjekteringsgruppen er mer samkjørte og koordinert i fremdriftsplanen. ICE-møtene bærer preg av en uformell tone, hvor flere har ordet og prosjekteringsgruppen blir godt kjent og mer sammensveiset. Ved å bruke visualisering av 3D-modell er det lettere å samarbeide. Ved involverende planlegging må alle oppsøke hverandre og etterspørre informasjon, noe som fører til at det er tydelig hva som forventes av underlag, hvilken detaljgrad som er nødvendig og når underlaget behøves.

Et lite detaljert forprosjekt og usikkerhet om hva som innebærer i forprosjektet har vært en utfordring i begge VDC-prosjektene i casestudien. Dette hadde kunne vært forbedret ved å involvere aktørene tidligere i prosessen i henhold til MacLeany-kurven (figur 8). Tidlig involvering er i tråd med både Lean-prinsipper og forståelsen om best mulig utnyttelse av mulighetene som ligger i BIM (Eastman et al., 2011). Dette er altså et VDC-prinsipp som ikke er



gjennomført i tilstrekkelig grad på prosjektene i casestudien. Det kan derfor vurderes at VDC kan ha en påvirkning på denne utfordringen ved framtidige VDC-prosjekt.

Når det gjelder tidspress i prosjekteringsfasen er det i denne studien ikke avdekket noen endring fra tidligere prosjekt. Spesielt på prosjektet Strinda Hageby har tidshorizonten fram mot produksjonsfasen vært veldig kort noe som førte til et høyt tidspress for fag som skal levere produksjonsunderlag først. Også når det gjelder de resterende utfordringene, uforutsette utfordringer underveis i prosessen og dårlig økonomi, har ikke VDC en direkte påvirkning på dette. VDC i seg selv løser med andre ord ikke alle utfordringer som oppstår i prosjekteringsfasen, men det kan spekuleres i om VDC demper problemene som oppstår på grunn av disse utfordringene. Dette er noe som kan undersøkes etterhvert som flere VDC-prosjekter gjennomføres.

### **5.2.3 Effekt av VDC opp mot teori**

Fosse og Ballard (2016) beskriver i sin case studie at bruk av LPS førte til bedre samarbeid i prosjekteringsgruppen, klarere oppgavebeskrivelse, bedre rekkefølge på aktiviteter og økt gjennomsiktighet (eng: transparency) i prosessen, i tillegg til at potensielle problemer blir identifisert og løst tidsnok. Resultatene fra denne studien korrelerer godt med disse funnene. Casestudien har avdekket at VDC har ført til bedre samarbeid i prosjekteringsgruppen, økt gjennomsiktighet i prosessen og at potensielle problemer blir identifisert og løst på et tidlig tidspunkt. Oppgavebeskrivelsene er også mer tydelig i forhold til hva som forventes av underlag av de ulike aktørene i prosjekteringsgruppen. Når det gjelder om VDC har ført til en bedre rekkefølge av aktiviteter har derimot ikke funnet noen funn på i denne casestudien. Men dette er heller ikke undersøkt i dybden.

Innledningsvis i denne masteroppgaven ble det beskrevet at Gong og Lee (2011) påpeker at BIM ikke er en mirakelkur mot en fragmentert byggeprosess. Mange organisasjoner mener at problemer som oppstår på grunn av dårlig koordinering av informasjonsflyten og på grunn av at aktører ikke deler informasjon, vil reduseres vesentlig ved implementering av BIM (Hamil, 2012). For å optimalisere bruken av BIM er det derimot avgjørende at mye av informasjonen deles mellom gruppemedlemmene i de ulike fasene av livssyklusen til et bygg (Beaven, 2011). Canada (2011) beskriver at kvaliteten på kommunikasjonen mellom aktører er avgjørende for å effektivt utnytte bruken av BIM. På bakgrunn av dette ser man at implementeringen av VDC i form av samhandlingsteknikker som involverende planlegging og ICE ikke bare har en effekt alene, men også påvirker mulighetene som ligger i BIM.

I følge Fischer (2005) har CIFE en visjon om at prosjekteringsgruppen rutinemessig utfører prosjektering av bærekraftige byggeprosjekter og raskt produserer byggbare (eng: constructible) produksjonsunderlag ved bruk av VDC metoder. Erfaringene fra Skanska Bygg Oslo viser at VDC-metodikken er et bidrag for å øke effektiviteten og senke kostnadene. I casestudien er det for tidlig å konkludere med om VDC har ført til en mer effektiv

prosjekteringsprosess eller bedre produksjonsunderlag. Men basert på de positive tendensene som er avdekket i denne studien er det nærliggende å tro at VDC kan føre til en bedre prosjekteringsprosess på lang sikt. Resultatene viser at det er en stor positivitet rundt bruk av VDC-prinsipper, og aktørene er interessert i å lære mer og er spente på å se effekten når de er kommet lengre ut i implementerings-prosessen. Alle intervjuobjektene ønsker å bruke VDC i neste prosjekt og synes det er en morsom og inspirerende måte å jobbe på. Det er allerede gjennomført flere forbedringer og erfaringsoverføringer mellom prosjekter, i tillegg til at aktørene får mer kunnskap og erfaring med gjennomføring av et VDC-prosjekt. Dette vil bidra til å videreutvikle å forbedre VDC-gjennomføringen ytterligere. Etterhvert som VDC-implementeringen får faste rammer, standardiseres og "setter seg" i prosjekteringsgruppen, samt at forbedringene som er anbefalt i denne studien gjennomføres, ser studenten det som høyt sannsynlig at det vil føre til en mer effektiv prosjekteringsprosess.

## KAPITTEL 6

# Konklusjon

Dette kapittelet presenterer en konklusjon av denne masteroppgaven i form av en kortfattet besvarelse av forskningsspørsmålene, og dermed også formålet med oppgaven. Til slutt redegjøres det for ulike momenter som er som kan være spennende for videre arbeid og forskning.

## 6.1 Konklusjon

I denne studien er det forsket på Virtual Design and Construction (VDC) i prosjekteringsfasen i to VDC-prosjekter ved Skanska Bygg Trondheim. Formålet med studien har vært:

*Videreutvikle og forbedre gjennomføringen av Virtual Design and Construction (VDC) i prosjekteringsprosessen.*

Studien viser at VDC er et levende konsept, under kontinuerlig forbedring og tilpasning, både når det gjelder mellom ulike bedrifter, type prosjekt og i hvilken prosjektfase man er i. Skanska er i selve startfasen av denne prosessen hvor det skal utvikles standardiserte og helhetlige VDC-metodikker, og i den forbindelse er det viktig med stegvis implementering, erfaringsoverføring og forbedring. Funnene i studien er et bidrag til denne VDC-satsingen i form av at det er avdekket hvordan VDC-metodikk gjennomføres i praksis, forbedringspotensialer ved gjennomføringen og effekten VDC-metodikk har på prosjekteringsprosessen.

### **Hvordan gjennomføres et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen?**

Studien viser at gjennomføring av et VDC-prosjekt gjøres ulikt i ulike bedrifter, prosjekter og byggefaser. Skanska har valgt å dele sin VDC-modell inn i tre hovedelementer: *Involverende planlegging, BIM og ICE*. VDC-prosjektene i casestudiet har implementert VDC-metoder- og verktøy som Big Room, bakoverplanlegging, plansjekk, ICE-møter, målinger og BIM. Funnene viser at det er et bra fokus på involverende planlegging i form av bakoverplanlegging og plansjekk, men at gjennomføring av ICE-møter og utarbeidelse av en tydelig, konkret og målbar ICE-agenda er nedprioritert. Målinger som gjennomføres er PPU, definering av rotårsaker, pluss/delta-analyse og evaluering av ICE-møtet. Hovedbruksområdene til BIM-modellen i prosjekteringsfasen er kvalitetssikring (intern-, tverrfaglig- og kollisjonskontroller) og visualisering av 3D-modellen i møter.

### **Hvilke forbedringer kan gjøres i et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen?**

Basert på hvordan prosjektene i casestudiet gjennomfører VDC-metodikken kommer studien fram til en rekke anbefalinger til forbedring ved gjennomføring av et VDC-prosjekt i prosjekteringsprosessen. Disse anbefalingene er basert både på funn fra empirisk data i casestudien og teori fra litteratursøk.

Mange av disse anbefalingene går på selve forståelsen av hva som ligger i VDC-begreper som involverende planlegging og ICE, for å sikre en grunnleggende forståelse av VDC-metodikker blant aktørene i prosjekteringsgruppen. Anbefalingene som går på involverende planlegging omhandler å få alle aktivitetene opp på planen slik at de ikke er spredt utover mange type dokumenter og plattformer. Aktivitetene må ha riktig størrelse og komme i rett rekkefølge i faseplanen. Anbefalingene knyttet til ICE går blant annet på å effektivisere gjennomføringen av møter i form av en konkret ICE-agenda med små aktiviteter, og en best mulig utnyttelse av

samløkaliseringen og de tekniske verktøyene. Anbefalingene som er knyttet til målinger går på å effektivisere selve gjennomføringen av målingene, i tillegg til å bedre utnytte seg av målingene i form av kontinuerlig forbedring. Anbefalingene som er knyttet til BIM går på å standardisere arbeidet for å sikre at kvalitetskontroll av BIM-modellen gjennomføres. I tillegg til tiltak for bedre utnytting av visualisering og bruk av BIM-modellen.

### Hvilken effekt har VDC-metodikk på prosjekteringsprosessen?

Effektene som er avdekket i denne studien baseres på intervjuobjektene sine erfaringer fra VDC-prosjektene i casestudiet og det er for tidlig å konkludere med at alle effektene er en direkte konsekvens av VDC-metodikk. Dette skyldes at prosjektene er i en innkjøringsfase når det gjelder VDC-implementeringen og det er på mange punkter usikkerhet rundt hva som er person- og prosjektavhengig og hva som er et resultat av VDC. For å kunne konkludere hvilken effekt VDC-metodikk har i prosjekteringsfasen krever det en betydelig større forskning av flere prosjekter. Funnene i denne studien kan allikevel bidra med å gi en pekepinn på hva som har fungert bra og hva som må forbedres i den videre VDC-implementeringen.

De fleste intervjuobjektene er enig i at VDC har ført til:

- Bedre samarbeidsklima og samspill i prosjekteringsgruppen
- Bedre underlag for å gjøre prosjekteringsarbeidet
- Bedre tverrfaglig oversikt
- At kritiske aktiviteter løftes opp tidligere
- Større eierskap til prosjektet

Funnene viser at det er stor positivitet rundt bruk av VDC-prinsipper og aktørene er interessert i å lære mer og er spente på å se den langsiktige effekten. Alle intervjuobjektene ønsker å bruke VDC i neste prosjekt og synes det er en morsom og inspirerende måte å jobbe på. Etterhvert som VDC-implementeringen får faste rammer, standardiseres og "setter seg" i prosjekteringsgruppen, samt at forbedringene som er anbefalt i denne studien gjennomføres, ser studenten det som høyt sannsynlig at det vil føre til en mer effektiv prosjekteringsprosess.

## 6.2 Veien videre

Denne studien er basert på de første VDC-prosjekter i Skanska Bygg Trondheim og de fleste aktørene har ikke erfaringer med VDC fra tidligere prosjekt. Det vil derfor være meget interessant og gjennomføre en kvantitativ studie på et større antall VDC-prosjekter etter hvert som de opparbeider seg mer erfaring. Det vil også stadig være relevant å gjennomføre samme type forskning som er gjort i denne studien på nye VDC-prosjekter, da VDC-konseptet er under kontinuerlig forbedring og tilpasning.

VDC-metodikk består av mange aspekter og ettersom denne studien har sett på det helhetlige bilde kunne det vært interessant å gå i dybden på en av VDC-elementene fra denne studien.

Interessante momenter som ble avdekket under denne studien er effekten av tidlig involvering av produksjonsapparatet og hvilken effekt VDC har på produksjonsunderlaget. Et av Lean-prinsippene er å maksimere ytelsen for kunden, slik at det på lang sikt hadde vært interessant å undersøke effekten VDC har på selve produktet for byggherren.

# Referanser

- ARGE, K., MOE, K. & WESTGAARD, H. 2010. Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse. *Rapport to Byggekostnadsprogrammet, Norway.*
- BALLARD, G. 2008. The lean project delivery system: An update. *Lean Construction Journal*, 2008, 1-19.
- BALLARD, G. 2014. *Last Planner Production Control* [Online]. leanconstruction.org: Project Production Institute. Available: <https://www.leanconstruction.org/media/docs/chapterpdf/israel/7-Ballard-Last-Planner.pdf> [Accessed 22.05 2017].
- BALLARD, G., HAMMOND, J. & NICKERSON, R. Production control principles. Proceedings of the 17th annual conference of the International Group for Lean Construction, 2009. Citeseer, 489-500.
- BALLARD, G. & HOWELL, G. 2003a. Lean project management. *Building Research & Information*, 31, 119-133.
- BALLARD, G. & HOWELL, G. An update on last planner. Proc. 11 th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr, 2003b. 22-24.
- BALLARD, G. & KOSKELA, L. On the agenda of design management research. Proceedings IGLC, 1998. 52-69.
- BALLARD, H. G. 2000. *The last planner system of production control*. The University of Birmingham.
- BEAVEN, M. 2011. *Building Information Modelling—Across Arup, digital collaboration is redefining the possible in performance and design* [Online]. Available: [http://www.arup.com/services/building\\_modelling](http://www.arup.com/services/building_modelling) [Accessed 28.05 2017].
- BIBSYS. 2013. *Oria - ny søketjeneste for studenter og forskere* [Online]. Available: <http://www.bibsys.no/oria-ny-soketjeneste-for-studenter-og-forskere/> [Accessed 08.12 2016].
- BROOKFIELD, E., EMMITT, S., HILL, R. & SCAYSBROOK, S. The architectural technologist's role in linking lean design with lean construction. 2004. IGLC.
- BUSCH, T. 2013. *Akademisk skriving for bachelor- og masterstudenter*, Bergen, Fagbokforl.
- CANADA, T. I. F. B. I. 2011. *Executive Summary BIM Survey 2011 - 2012* [Online]. Available: <https://csc-dcc.ca/img/content/logo/survey.pdf> [Accessed 12.04 2017].
- CHACHERE, J., KUNZ, J. & LEVITT, R. 2004. Observation, theory, and simulation of integrated concurrent engineering: Grounded theoretical factors that enable radical project acceleration. *CIFE WP*, 87.



- CHACHERE, J., KUNZ, J. & LEVITT, R. 2009. The role of reduced latency in integrated concurrent engineering. CIFE Working Paper# WP116.
- CIFE. 2017. *CIFE - Center for Integrated Facility Engineering* [Online]. Available: <https://cife.stanford.edu/> [Accessed 18.04 2017].
- DALLAND, O. 2012. *Metode og oppgaveskriving for studenter*, Oslo, Gyldendal akademisk.
- DET KONGELEGE KOMMUNAL- OG REGIONALDEPARTEMENT 2012. Gode bygg for eit betre samfunn.
- EASTMAN, C. M., EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R. & LISTON, K. 2011. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, John Wiley & Sons.
- ELSEVIER. 2016a. *About Scopus* [Online]. Available: <https://www.elsevier.com/solutions/scopus> [Accessed 02.02 2017].
- ELSEVIER. 2016b. *Content* [Online]. Available: [https://www.elsevier.com/solutions/engineering-village/content - databases](https://www.elsevier.com/solutions/engineering-village/content-databases) [Accessed 01.02 2017].
- ESTERBERG, K. G. 2002. Qualitative methods in social research.
- FISCHER, M. 2005. 4D CAD and Collaboration.
- FISCHER, M. 2011. *Virtual Design and Construction* [Online]. Available: <http://www.prosjektnorge.no/files/pages/358/vdcfischervdc-1-.pdf> [Accessed].
- FORBES, L. H. & AHMED, S. M. 2010. *Modern construction: lean project delivery and integrated practices Industrial Innovation v. 17*, United Kingdom: CRC Press Inc.
- FOSSE, R. & BALLARD, G. 2016. *Lean Design Management in Practice With the Last Planner System*.
- GARCIA, A. C. B., KUNZ, J. & FISCHER, M. Meeting Details: Methods to instrument meetings and use agenda voting to make them more effective. meeting of the Center for Integrated Facility Engineering, Stanford (no. TR147), 2003. Citeseer.
- GONG, J. & LEE, F. 2011. Lessons Learned in Building Information Modeling Applications. *Proceedings of 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*.
- GREEN, S. D. 2011. *Lean Construction*, Oxford, UK, Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- GRENNESS, T. 2001. *Innføring i vitenskapsteori og metode*, Oslo, Universitetsforl.
- GUSTAD, F. & TORP, O. 2016. Digitale informasjonssystemer i byggeprosjekter. NTNU.

- HAGEBY, S. *VELKOMMEN TIL STRINDA HAGEBY* [Online]. Available: <https://prosjekt.hem.no/strindahageby - om-prosjektet> [Accessed 20.04 2017].
- HALVORSEN, K. 2008. *Å forske på samfunnet : en innføring i samfunnsvitenskapelig metode*, Oslo, Cappelen akademisk forl.
- HAMIL, S. 2012. *Building Information Modelling and interoperability* [Online]. Available: <https://www.thenbs.com/knowledge/building-information-modelling-and-interoperability> [Accessed 28.05 2017].
- HAMZEH, F. R., BALLARD, G. & TOMMELEIN, I. D. Is the Last Planner System applicable to design?—A case study. Proceedings of the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC, 2009. 13-19.
- HOWELL, G. A. What is lean construction-1999. Proceedings IGLC, 1999. Citeseer, 1.
- INGVALDSEN, T. 1994. Byggskaedomfanget i Norge. Utbedringskostnader i norsk bygge-/eiendomsbransje-og erfaringer fra andre land.
- INSTITUTE, L. C. 2013. *The Last Planner System of Production Control* [Online]. Available: [https://www.leanconstruction.org/media/docs/chapterpdf/israel/Last\\_Planner\\_System\\_of\\_Production\\_Control.pdf](https://www.leanconstruction.org/media/docs/chapterpdf/israel/Last_Planner_System_of_Production_Control.pdf) [Accessed 02.03 2017].
- KAM, C., SENARATNA, D., XIAO, Y. & MCKINNEY, B. 2013. The VDC Scorecard: evaluation of AEC projects and industry trends. *CIFE, Maharashtra, India*.
- 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. *CIFE, Stanford University, Palo Alto, CA*.
- KOSKELA, L. 1992. *Application of the new production philosophy to construction*, Stanford University Stanford, CA.
- KOSKELA, L. 2000. *An exploration towards a production theory and its application to construction*, VTT Technical Research Centre of Finland.
- KRISTENSEN, E. L. & NIELSEN, A. S. 2001/2002. Paper 3: Lean Construction.
- KUNZ, J. & FISCHER, M. 2009. Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions. *Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University*.
- KVALE, S., BRINKMANN, S., ANDERSSON, T. M. & RYGGE, J. 2015. *Det kvalitative forskningsintervju*, Oslo, Gyldendal akademisk.
- LIKER, J. K. 2004. *The Toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer*, New York, McGraw-Hill.

- LINGE, G. N. 2017. *Hva er egentlig VDC* [Online]. [www.skanska.no](http://www.skanska.no). Available: <http://relasjon.skanska.no/hva-er-egentlig-vdc/> [Accessed 28.03 2017].
- LISTON, K., FISCHER, M. & KUNZ, J. 2000. Designing and evaluating visualization techniques for construction planning. *Computing in Civil and Building Engineering (2000)*.
- MANDUJANO, M. G., ALARCÓN, L. F., KUNZ, J. & MOURGUES, C. 2017. Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective. *Revista de la Construcción. Journal of Construction*, 15, 107-118.
- MCCALL, G. J. & SIMMONS, J. L. 1969. *Issues in participant observation : a text and reader*, Reading, Mass, Addison-Wesley.
- MCCOMB, M. 2008. The Quality Toolbox. *Technometrics*, 50, 408-408.
- MELAND, Ø. H. 2000. Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko.
- MOORE, R. 2011. *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools : What Tool? When?*, Burlington, Elsevier Science.
- OLSEN, T. L. A., TORP, O. & HANDAGARD, I. 2015. Effektivisering av prosjekteringsprosessen - Med implementering av BIM, Lean Construction og VDC. NTNU.
- OLSSON, H., SÖRENSEN, S. & BUREID, G. 2003. *Forskningsprosessen : kvalitative og kvantitative perspektiver*, Oslo, Gyldendal akademisk.
- OLSSON, N. 2011. *Praktisk rapportskrivning*, Trondheim, Tapir Akademisk Forlag.
- POWERHOUSE. 2017. *POWERHOUSE BRATTØRKAIA I TRONDHEIM* [Online]. Available: <http://www.powerhouse.no/prosjekter/brattorkaia/> [Accessed 20.05 2017].
- RINGDAL, K. 2001. *Enhet og mangfold : samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode*, Bergen, Fagbokforl.
- ROLFSEN, M. 2014. *Lean blir norsk : lean i den norske samarbeidsmodellen*, Bergen, Fagbokforl.
- RUBIN, H. J. & RUBIN, I. S. 2011. *Qualitative interviewing: The art of hearing data*, Sage.
- RYEN, A. 2002. *Det kvalitative intervjuet: fra vitenskapsteori til feltarbeid*, Fagbokforlaget.
- 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, 968-980.
- SAUNDERS, M. N. K., LEWIS, P. & THORNHILL, A. 2009. *Research methods for business students*, Essex, Pearson Education.

- SCHOLAR, G. 2016. *About* [Online]. Available: <https://scholar.google.no/intl/no/scholar/about.html> [Accessed 15.02 2017].
- SCHREYER, M., HARTMANN, T. & FISCHER, M. 2005. Supporting project meetings with concurrent interoperability in a construction information workspace. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 10, 153-167.
- SCOTT, J. 1990. *A matter of record : documentary sources in social research*, Cambridge, Polity Press.
- STANDARD, C. & DAVIS, D. 1999. *Running today's factory: a proven strategy for lean manufacturing*, Hanser Gardner Publications.
- THAGAARD, T. 2013. *Systematikk og innlevelse : en innføring i kvalitativ metode*, Bergen, Fagbokforl.
- TJELL, J. 2010. Building Information Modeling (BIM)-in Design Detailing with Focus on Interior Wall Systems. *University of California at Berkeley*.
- VEIDEKKE 2013. Involverende planlegging i prosjekteringsfasen.
- VENÅS, M. & NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET, F. F. I. O. T. I. F. B. A. O. T. 2011. Involverende Planlegging og Virtual Design and Construction: Utformingen av et samlet konsept. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- VIKO. 2010. *Kildekritikk* [Online]. Available: <http://www.ntnu.no/viko/kildekritikk> [Accessed 08.12 2016].
- VIKO. 2011. *Søking* [Online]. Available: <http://www.ntnu.no/viko/artikler/soking> [Accessed 03.02 2017].
- WOMACK, J. P., JONES, D. T. & ROOS, D. 1990. *The machine that changed the world*, New York, Rawson Associates.
- YIN, R. K. 2014. *Case study research : design and methods*, Los Angeles, Calif, SAGE.

# Vedlegg

- Vedlegg A**    Intervjuguide
  
- Vedlegg B**    Observasjonsnotat
  
- Vedlegg C**    VDC-modell fra Kruse Smith og NCC
  
- Vedlegg D**    10 kritiske faktorer som reduserer koordinering treghet og retningslinjer for suksessfull implementering av ICE
  
- Vedlegg E**    Agenda ICE-samling (prosjekteringsamling) fra Veidekke
  
- Vedlegg F**    Målinger av faseplanen (PPU og rotårsaker) fra Strinda Hageby byggetrinn 1 og 2, og Powerhouse Brattørkaia
  
- Vedlegg G**    BIM-manual: Ansvarsoppgaver for de ulike aktørene i prosjekteringsfasen
  
- Vedlegg H**    Deltagere på ICE-møter ved Powerhouse Brattørkaia
  
- Vedlegg I**    Eksempel ICE-agenda (møtereferat)

## Vedlegg A: Intervjuguide

### Innledning:

1. Har du erfaring med VDC tidligere prosjekt?

### Utfordringer i prosjekteringsfasen:

2. Hvilke utfordringer mener du oppstår prosjekteringsfasen?
3. Hva mener du hindrer en mer effektiv prosjekteringsprosess?

### Overordnet om VDC:

1. Fikk du en god innføring i VDC før prosjekteringsstart?
2. Hvordan opplever prosjekteringsfasen som et VDC-prosjekt sammenlignet med tradisjonell prosjektering?
3. Ble det gjort endringer/tilpasninger av VDC implementeringen underveis i prosjekteringsfasen?

### Involverende planlegging:

1. Hva er fordelen med Involverende Planlegging?
2. Hvilke forbedringer kan gjøres med Involverende Planlegging?
3. I hvilken grad gir Involverende Planlegging bedre oversikt over prosjekteringsfasen?
4. Opplever du at spørsmålsmatrisen tjener sitt formål?

### ICE:

1. Hvor effektive er ICE-møtene for deg?
2. Har arbeidet utenom ICE-møtene blitt mer effektive?
3. Hvilke aktører anser du som viktige deltagere i ICE-møtene for din del?
4. Hvor ofte mener du ICE-møtene bør være?
5. Hvor godt forberedt er du til ICE-møtene?
6. Hvor godt forberedt føler du de andre aktørene er til ICE-møtene?
7. Føler du alle i prosjekteringsgruppen jobber på samme fremdriftsbølge?
8. Hvor relevant har ICE-agendaen for vært for deg?
9. Får du påvirket ICE-agendaen i forhold til hva du mener brenner mest?
10. Er det noe du mener burde endres i ICE-møtereferatet?

### Målinger:

1. I hvilken grad mener du målinger gjør deg mer motivert og bevisst på muligheter for forbedringer av prosjekteringsprosessen?

2. Hvorfor blir ikke arbeid utført etter faseplanen (hvilken rotårsak)?
3. Hvordan kan man tilrettelegge for at aktiviteter utføres etter faseplanen/utkvikksplanen/ukeplanen?

#### **BIM:**

1. I hvilken grad føler du at VDC-prosjektet utnytter mulighetene med BIM?
2. I hvilken grad føler du bruk av touchskjerm og 3D-modell i ICE-møter fører til en mer effektiv kommunikasjon/samhandling?
3. Hvilke forbedringer bør gjøres for å effektivisere bruken av touchskjerm og 3D-modell i ICE-møter.
4. Kjenner du til andre samhandlingsverktøy/digitale muligheter som du har ønske/forventning om å benytte i VDC-prosjekter?
5. Hvordan kan man sikre lojalitet til rutinen for internkontroll, tverrfaglig kontroll og kollisjonskontroll?

#### **Effekt:**

1. I hvilken grad mener du at VDC har ført til:
  - a. Redusert tids- og arbeidspress?
  - b. Jevnere ressursintensitet?
  - c. Bedre samarbeidsklima og samspill i prosjekteringsgruppa?
  - d. Redusert mengde kommunikasjon og mail utenom prosjekteringsmøtene (ICE-møtene)?
  - e. Mindre omprosjektering i prosjekteringsfasen?
  - f. Bedre tilrettelegging for HMS i prosjekteringsfasen?
  - g. Bedre underlag for å gjøre prosjekteringsarbeid?
  - h. Bedre integrering av prosjekterings- og produksjonsprosessene?
2. Har VDC ført til en bedre prosjekteringsprosess?
3. Hva anser du som den største fordelene med VDC i prosjekteringsfasen?

#### **Avslutningsvis:**

1. Hvilke forbedringer mener du burde gjøres i neste VDC-prosjekt?
2. Vil du anbefale andre å bruke VDC i prosjekteringsfasen og ønsker du å bruke VDC i ditt neste prosjekt?

## Vedlegg B: Observasjonsanalyse

Observasjonsnotat: ICE-møte		
Tidspunkt/dato		
Deltakere i møtet		
	Observasjonsbeskrivelse	Tidsbruk
Plansjekk (Måling av rotårsaker og PPU)		
Korreksjon		
Utkikk		
Spørsmålmatriksen		
ICE-agenda		

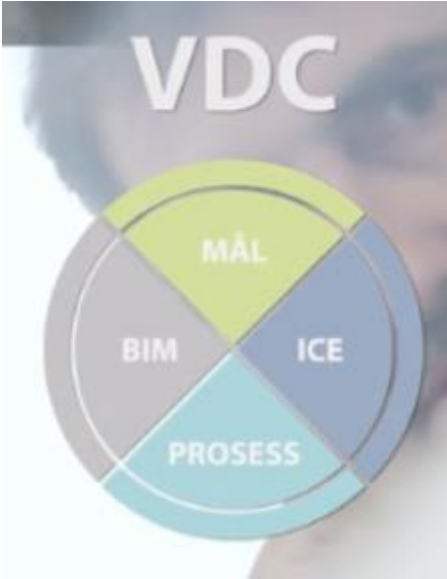


Målinger		
Forstyrrelser		
Tolkning		

Observasjonsnotat: Bakoverplanlegging (Involverende Planlegging)		
Tidspunkt/dato		
Deltakere i møtet		
	Observasjonsbeskrivelse	Tidsbruk
Blåplan		

Sjekk sunnhet		
Overfør til faseplan		
Spørsmålmatriisen		
Forstyrrelser		
Tolkning		

Vedlegg C: VDC-modell fra Kruse Smith og NCC



Figur 30: VDC-modell Kruse Smith



Figur 31: VDC-modell NCC

## Vedlegg D: 10 kritiske faktorer som reduserer koordinering treghet og retningslinjer for suksessfull implementering av ICE

Faktorer	Suksessmål for effektiv ICE	Årsaker til redusert oppfyllelse av ICE	Retningslinjer for suksess
<b>Uavhengig ledelsesstruktur</b>	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
<b>Dekomponering av aktiviteter</b>	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
<b>Fokuserte deltakere</b>	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)
<b>Informasjonsrik kommunikasjon</b>	Visuell deling av tverrfaglig prosjekteringsvalg;	Manglende evne til å gi detaljert og nøyaktig beskrivelse av designet til alle interessenter raskt	Personlige arbeidsstasjoner og delte iRoom

	Tverrfaglig formidling av funksjonelle krav og valg av design	og enkelt; Forvirring,  misforståelser og  dobbeltarbeid	
<b>Åpent informasjonsnettverk</b>	All informasjon som er relevant for modellering er tilgjengelig øyeblikkelig	Forsinket tilgang til å designe eller ta beslutninger	Godt samarbeid i designøktene, samlokalisering med nøye utvalg av deltakerne til hvert møte
<b>Organisatorisk hierarki</b>	Flat: Bør unngå organisatoriske barrierer med tanke på ledelseshierarkiet	Beslutninger forsinkes  avventende vedtak pga  overbelastet ledelse	Roller som ICE-fasilitator  burde ikke utføres "ledende" siden det er en flat organisasjonsstruktur. En ICE-fasilitator kan f.eks. Være prosjekteringsleder og skal føre prosjekteringsgruppen inn på ønsket tema uten å ta en ledende rolle.
<b>Kultur</b>	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
<b>Felles mål</b>	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

<b>Klargjøring av prosessene</b>	Alle prosedyrer og mål bør være godtatt og forstått av alle deltakerne	Utvidede debatter om prosessen eller prioriteringer	Kultur: Erfaren fasilitator leder prosessen
<b>Interne grupper</b>	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
<b>Integrert modellering</b>	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

Figur 32: Faktorer som muliggjør effektiv ICE ((Chachere et al., 2004), (Olsen et al., 2015))

## Vedlegg E: Agenda ICE-samling (prosjekteringsamling) fra Veidekke

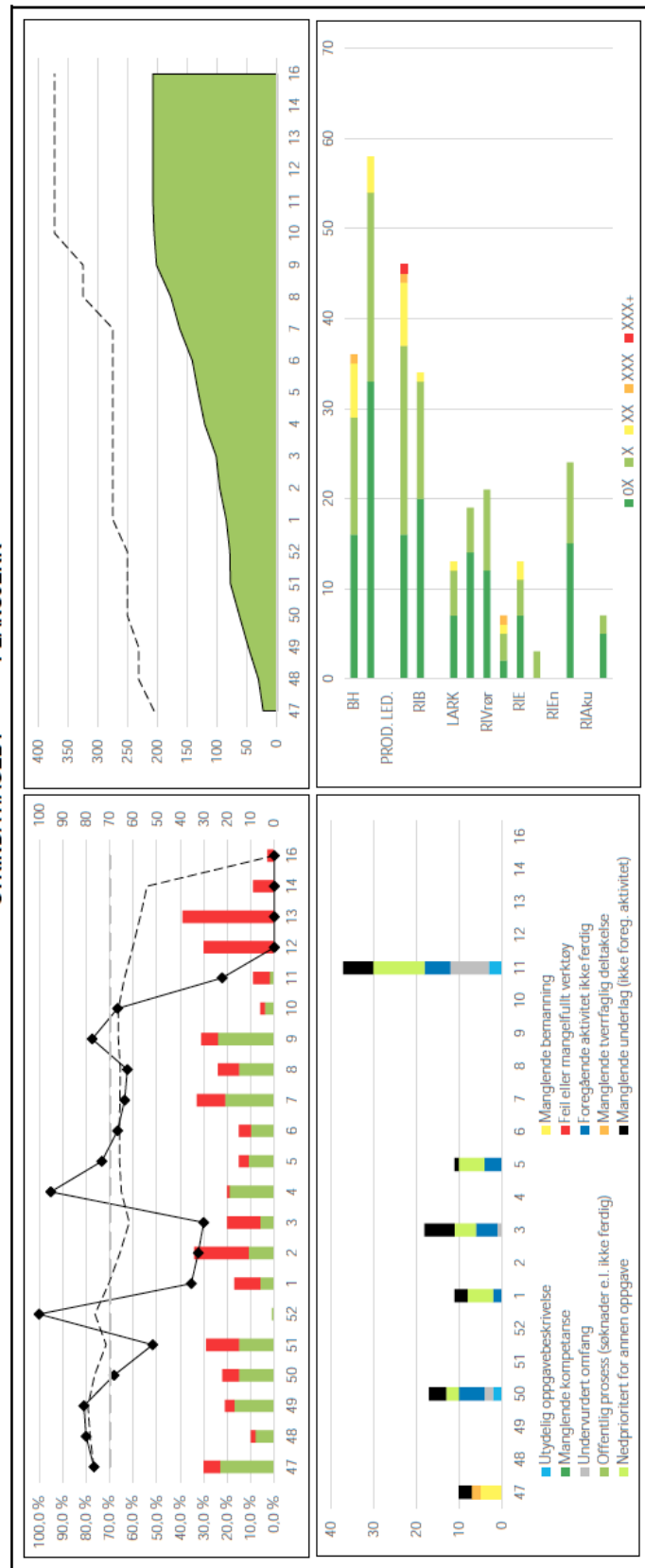
PROSJEKTERINGSSAMLING		
	Agenda	Innhold
<p><b>Kjernemøte, oppstart</b></p> <p><i>Et kort prosjekteringsmøte (ca. 45 min) ved start av samling som har en fast agenda der de ulike plannivåene, spørsmål og beslutninger behandles. Fokuset i møtet er en effektiv gjennomgang og er ikke et forum for å ta opp spesifikke saker som ikke omhandler alle. Prosjekteringsleder leder møtet.</i></p>	<b>Status modell</b>	Gjennomgang i BIM-modell på SMART Board av endringer i siste versjon, fokusområder og ferdigstilte områder
	<b>A3-rapporter</b>	Aktuelle A3-rapporter gjennomgås og behov for avklaringer omkring disse henges opp på dialogmatrise.
	<b>Dialogmatrise, tidligere spørsmål</b>	Gjennomgang av dialogmatrisen, plansjen der de ulike aktørene stiller spørsmål til hverandre. I denne plansjen skal behovene for tilrettelegging fra andre aktører meldes i fra. Under møtet fungerer dialogmatrisen som et diskusjonsverktøy.
	<b>Møteplan</b>	En runde blant aktørene for å kartlegge hvilke møter, både faste og enkeltmøter, som er planlagt. Post-it-lapper med de ulike møtene henges opp i møteplanen i inforom.
	<b>Mål for ukens samling</b>	Alle aktørene henger opp et mål for denne ukens samling.
<p><b>Samhandlingstid</b></p> <p><i>Tid mellom kjernemøtene satt av for samhandling(ICE) mellom aktørene i prosjekteringsteamet. Krevs at alle forplikter seg til å være tilstede i inforom eller de nærliggende arbeidsrommene i tidsrom.</i></p>	<b>Prosjekteringsarbeid</b>	Direkte prosjekteringsarbeid, sammen eller alene. Inforom, tilhørende grupperom eller arbeidsplass benyttes. Alle deltagere skal ha forberedt arbeid de kan gjennomføre under dagen for å oppnå effektiv utnytting av dagen.
	<b>Særmøter</b>	Aktuelle fag møtes ved behov for avklaringer seg i mellom i en inforommet eller i et separat nærliggende rom.
	<b>"Breakoutsession"</b>	Likt særmøter, men bærer preg av å tas mer på sparket når behov for avklaring dukker opp.
<p><b>Kjernemøte, ettermiddag</b></p> <p><i>Et kort prosjekteringsmøte (ca. 1,5 time) som oppsummering på samling der evaluering og videre framdrift behandles. Fokuset i møtet er en effektiv gjennomgang og er ikke et forum for å ta opp spesifikke saker som ikke omhandler alle. Prosjekteringsleder leder møtet.</i></p>	<b>A3-rapporter</b>	A3-rapporter behandlet under samlingen gjennomgås.
	<b>Dialogmatrise, nye spørsmål</b>	Gjennomgang av Post-it-lappene som aktørene har hengt opp i løpet av prosjekteringsamlingen. Det kontrolleres også om noen fag fremdeles har Post-it-lapper med eldre avklaringsspørsmål hengende. Dialogmatrisen gir på denne måten et klart signal på hvem som sinker prosessen. Lappene flyttes videre til beslutningsplan, utviklingsplan eller huskeliste.

	<b>Drifning av veggplan</b>	Direkte spørsmål om gjennomføring til den aktuelle aktøren ut i fra aktiviteter markert på post-it-lapp i prosjekteringsplan og utkikksplan. Hva er på plass? Hva er avklart? Hindringer analyseres, og det avtales hvordan de skal fjernes. De aktiviteter som ikke er utført flyttes i enighet frem i plan og de som er utført fjernes/markeres. Denne gjennomgangen viser tydelig hva som er blitt gjort og hvilke faktorer som kan forbedres.
	<b>Avstemming fremdrift</b>	Utkikksplanlegging, særlig for de neste to ukene. Deltakerne står samlet rundt plansjen i inforom og post-it-lapper med deres egne farger henges opp med beskrivelse av aktiviteter.
	<b>Beslutningslogg</b>	Nye beslutninger legges inn i beslutningsliste. Nummereres, evt. med utgangspunkt i bygningsdelstabellen og bygningsfunksjonstabellen. Basert på prosjekteringsplanen.
	<b>Målinger</b>	Som en del av evalueringsgrunnlaget gjennomføres bestemt målinger på BIM-modell, PPU(Andel gjennomført ut i fra dialogmatrise, aksjonsliste, utkikksplan, etc), prosjekteringssamlingen(Karakter, 1-7, fra hver aktør på ukens prosjekteringssamling ut i fra grad av utbytte og ventetid, i min., på svar på avklaringer fra andre)
	<b>Andre alternative agendapunkt</b>	- Uavklarte saker - Endringsliste

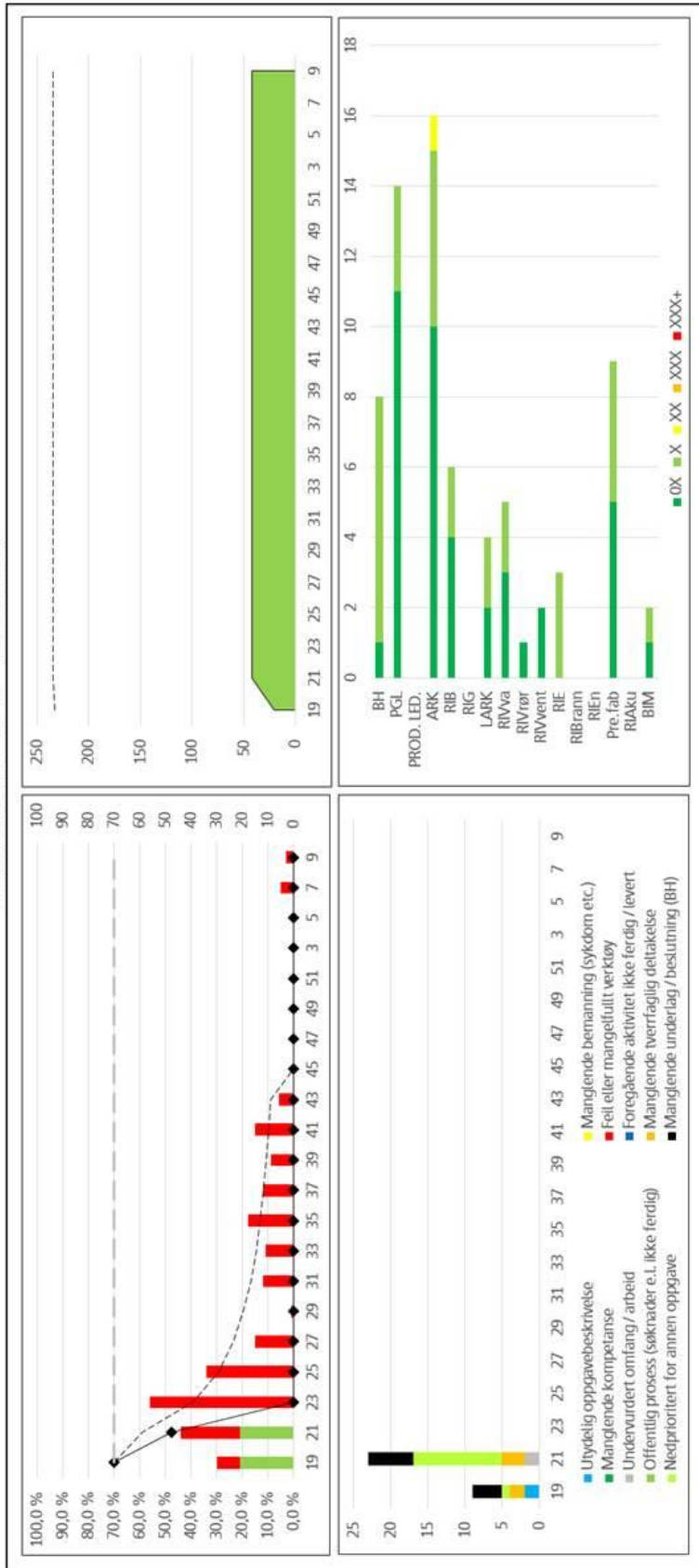
Figur 33: Agenda for ICE-møte til Veidekke (Venås og Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, 2011)



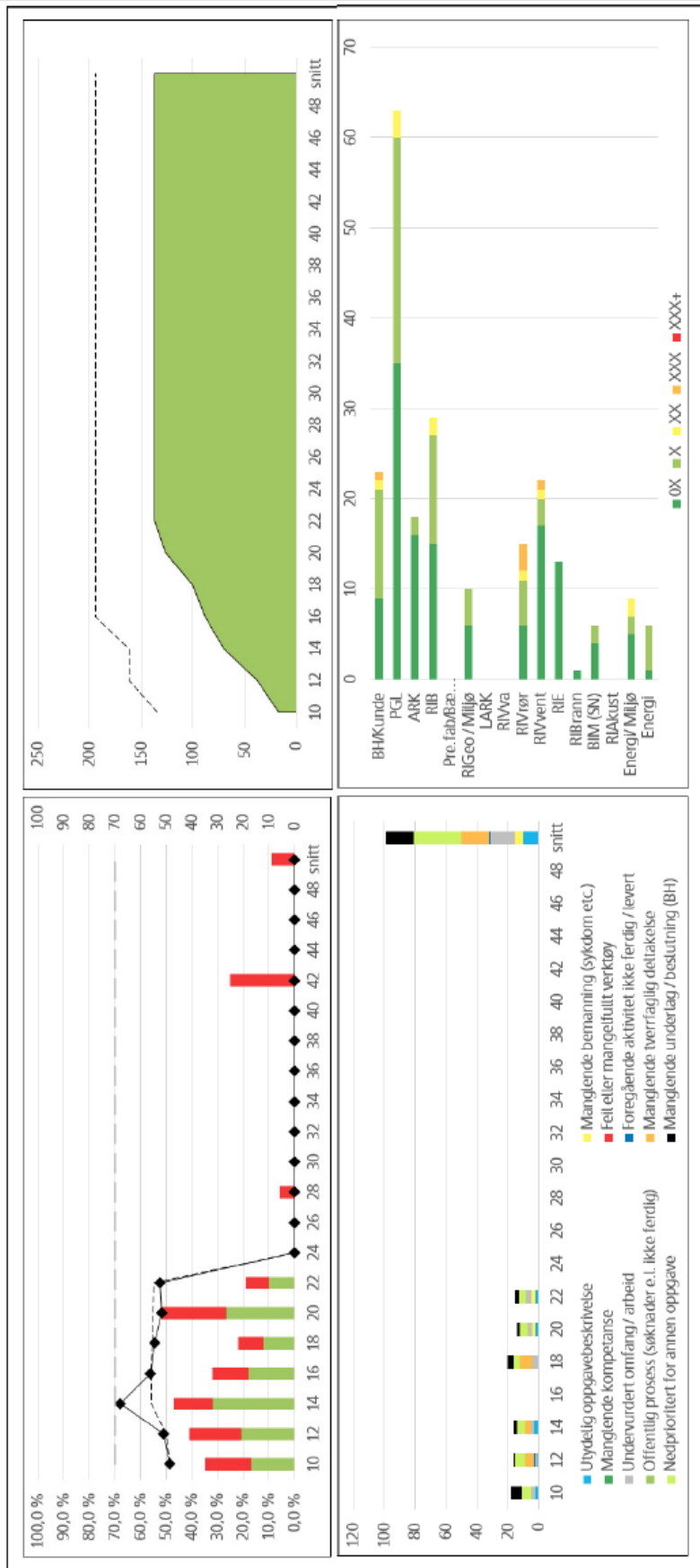
Vedlegg F: Målinger av faseplanen (PPU og rotårsaker) fra Strinda Hageby byggetrinn 1 og 2, og Powerhouse Brattørkaia



### STRINDA HAGEBY - 2 - PLANSJEKK



## POWERHOUSE BRATTØRKAIA - PLANSJEKK



## Vedlegg G: BIM-manual: Ansvarsoppgaver for de ulike aktørene i prosjekteringsfasen

<b>Prosjekteringsgruppeleder</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Påse at modellutvekslingen i prosjektet blir utført i henhold til plan</li><li>▪ Utføre visuelle kontroller av bygget i aktuelle områder for prosjekteringen</li><li>▪ Følge opp at de prosjekterende modellerer det de skal til avtalt tid i prosjekteringsplanen</li><li>▪ Bruke modellen aktivt i møtesammenheng og til styring av prosjektering</li><li>▪ Lage plan for kvalitetssikring av BIM</li><li>▪ Oppsett av prosjekthotell (ISI)</li></ul>
<b>BIM-koordinator</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Lede oppstartmøte for BIM</li><li>▪ Utforme og oppdatere BIM-manual</li><li>▪ Opplæring i BIM-verktøy</li><li>▪ Rutiner og metodikk for digital samhandling</li><li>▪ Opprette samlemodell i Solibri bestående av alle fagmodeller.</li><li>▪ Oppdatere samlemodell i Solibri</li><li>▪ Utføre kollisjonskontroll (sett opp regelverket og sette sammen modellen**)</li></ul>
<b>Fagmodellansvarlig hos prosjekterende</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Påse at modellens informasjonsinnhold og struktur er i henhold til gjeldende modelleringskrav</li><li>▪ Ansvarlig for at modellen er riktig plassert i forhold til lokalt nullpunkt.</li><li>▪ Sikre riktig sammensetting og bruk av andres modeller som referanse i egne BIM-verktøy</li><li>▪ Sørge for at fagmodellene blir konvertert til avtalte formater. Sikre at modell er tverrfaglig</li><li>▪ før publisering av modell til kollisjonskontroll</li><li>▪ Påse at modellens informasjonsinnhold og struktur er i henhold til gjeldende modelleringskrav</li><li>▪ Ansvarlig for at modellen er riktig plassert i forhold til lokalt nullpunkt.</li><li>▪ Sikre riktig sammensetting og bruk av andres modeller som referanse i egne BIM-verktøy</li><li>▪ Sørge for at fagmodellene blir konvertert til avtalte formater.</li><li>▪ Sikre at modell er tverrfaglig koordinert før publisering av modell til kollisjonskontroll</li></ul>

## Vedlegg H: Deltagere på ICE-møter ved Powerhouse Brattørkaia

Deltagere på ICE-møter ved Powerhouse Brattørkaia						
	08.03.2017	22.03.2017	05.04.2017	03.05.2017	31.05.2017	Hyppighet
PGL	1	1	1	1	1	5/5 (100%)
RIB	2	2	2	2	2	5/5 (100%)
ARK	1	1	1	1	1	5/5 (100%)
RIVrør	0	1	1	1	1	4/5 (80%)
PRL (bygg)	1	1	1	1	1	5/5 (100%)
PRL (teknisk)	1	1	1	1	1	5/5 (100%)
RIG	0	0	0	0	0	0/5 (0%)
PL	1	0	1	1	1	4/5 (80%)
PROD	1	1	1	0	0	3/5 (60%)
RIVvent	1	0	1	1	1	4/5 (80%)
BH	3	0	1	1	1	4/5 (80%)
Prefab	1	1	1	1	1	5/5 (100%)
RIEnergi	0	1	1	1	0	3/5 (60%)
RIE	1	1	1	1	1	5/5 (100%)
RIAkust	0	0	0	0	0	0/5 (0%)
RIBrann	0	0	0	0	0	0/5 (0%)
Breeam	0	0	0	0	0	0/5 (0%)
BIM	1	0	0	0	0	1/5 (20%)
Fasilitator	1	1	1	1	1	5/5 (100%)

# Vedlegg I: Eksempel ICE-agenda (møteterferat)

<b>SKANSKA</b>	<b>ICE</b>
THEDEMANNSTARNET FELT D	19. september 2016

HENSIKT MED MØTE		MÅL	OPPNÅDD?
<b>FOKUSOMRÅDE</b> Avvanning utendørs Kjeller BTI		Prinsipp avklart for RIV via Prinsipper for tekn. rom, hovedlavle, føyingsveier	
DELTAKERE		RELEVANTE FORBEREDELSE	OPPNÅDD?
NAVN	DISIPLIN	RELEVANTE FORBEREDELSE	OPPNÅDD?
	PGL	Sendt ut agenda minst 2 dager før	X
	ARK	DWG og BCF-rapport (BIM+views) for presentasjon av kjellerplan	X
	BH		X
	RIB		X
	PREFAB		X
	RIV-vent		X
	RIV-ør		X
	RIV-ør	Forslag til sprinkling av boder	X
	RIE	Forslag til plassering og størrelse teknisk rom	X
	RIV-va		X
	LARK		X
	RIARA		X
	RIBREAM		X
	RIFin		X
	RIBH		X
	BIMKO	Mottatt BCF fra ARK inn i samlemodell	X
	VDCKO	Oppdaterte målinger (metres)	X

Oppmøtte deltakere i fet skrift. Relevante forberedelser innebærer at disse er direkte arbeidsunderlag til møtet. Foruten disse forventes at alle leser igjennom agenda i forkant.

Nær mer planleggingstema: PGL, ARK, RIV-vent, VDCKO

AGENDA						
AGENDAPUNKT	ANSVARLIG	INVOLVERTE DISIPLINER	TIDSPUNKT	VARIGHET	RESULTAT OPPNÅDD?	KOMMENTAR
Introduksjon (gjennomgang agenda, målinger, plass deila forrige ICE)	Rolf	Alle	12:00	15		
Planskikk	Rolf	Alle	12:15	45		PPU = 82.3%
Kjeller - Presentasjon av planen	Harald	Alle	13:00	20		ON 22
Fordrivningsagasinne - forslag til plassering og størrelse	Hennette	RIV-va, LARK, RIV, PGL	13:20	40		ON 23
Kjeller - føyingsveier, prinsipp hvem legger seg hvor	Henrik	RIE, RIV-vent, RIV-ør	13:20	40		ON 24, 25
<b>Overblikk over forslaget til kjellerplan</b>			<b>14:00 PAUSE 15 min</b>			
Kjeller - plassering av sprinkling av boder	Isabelle	RIV-va, LARK, ARK, RIB	14:15	40		ON 26
Kjeller - plassering av sprinkling av boder	Prete	RIV-ør, RIE, RIV-vent, PGL, ARK	14:15	40		ON 27 RIV-ør gir siste detaljer, godkjenning av tekniske (satt på plan).
Avvanning - forslag til prinsipp for håndtering av overflakvann	Hennette	RIV-va, LARK, RIV, PGL	14:45	20		ON 28, 29. Det mestet jost, siste detaljer i særmele LARK/RIV-va (satt på plan).
Kjeller - Plassering, størrelse av tekniske rom	Kristian	RIV-ør, RIE, RIV-vent, PGL, ARK	14:45	20		ON 30, 31, 32
Oppsummering og evaluering	Rolf	Alle	15:15	15		

Alle notater må nas i OneNote på touchskjerm for å være gjeldende møteterferat.

EVALUERING AV ICE-MØTE	
<b>AGENDA OPPNÅDD (%)</b>	3 PLEISS (HVA VAR BRA?) God agenda
88,9 %	Alle oppgaver løst innenfor tiden Alle inviterte møtte opp
4,90	
<b>HVOR FORBEREDET FØLTE DU DE ANDRE VAR? (1-6)</b>	
5,12	
<b>HVOR EFFEKTIVT VAR DETTE MØTET FOR DEG? (1-6)</b>	
4,64	
<b>HVOR GODT FØLTE DU AT DU SELV BIDRO? (1-6)</b>	
	<b>3 DELTA (FORBEREDINGSFORSLAG TIL NESTE GANG)</b> Broke BIM mer fremfor tegninger Bedre forberedt på dagens agenda (alle må lese agenda på forhånd) Enda "spisere" formulert aktiviteter på lappplan