

# Bruk av VDC og 4D i Skanska-prosjekter

Innføring av 4D-modellering i eksisterende  
VDC-rammeverk

**Ance Redman**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Frode Olav Drevland, IBM

Medveileder: Roar Fosse, Skanska Norge AS

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg- og miljøteknikk





Oppgavens tittel: Bruk av VDC og 4D i Skanska-prosjekter <i>Innføring av 4D-modellering i eksisterende VDC-rammeverk</i>	Dato: 11.06.2017 Antall sider (inkl. bilag): 116
Navn: Ance Redman	Masteroppgave   X   Prosjektoppgave
Faglærer/veileder: Frode Drevland	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Roar Fosse - Skanska Norge AS	

#### Ekstrakt:

Dagens byggebransje er i ferd med å bli digitalisert, og flere aktører i bransjen tar i bruk digitale verktøy som BIM og 3D-modeller. Flere bedrifter i byggebransjen har tatt i bruk Virtual Design and Construction, VDC. VDC anses som et samlebegrep for en rekke metoder og verktøy for forbedret prosjektgjennomføring støttet opp med digitale verktøy. 4D-modellering er neste generasjons BIM med prosjekters fremdriftsplan integrert i 3D-modellen.

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Skanska Norge AS og tar sikte på å kartlegge hvordan 4D-modellering kan bidra i et eksisterende VDC-rammeverk. I forbindelse med denne oppgaven ble to forskjellige Skanska-prosjekter besøkt, der begge prosjektene har tatt i bruk VDC-verktøy og metoder. Ensjø Torg-prosjektet er det første til å ta i bruk 4D-modellering. VDC tolkes som et paraplybegrep for digitale hjelpemidler, som BIM, og samhandlingsverktøy. Det finnes mange ulike verktøy og metoder som faller inn under VDC-begrepet, men alle disse har som fellestrekk at de skal forbedre prosjektets produkt, organisasjon og prosess. ICE-metodikken er en møteform som fremmer høyere grad av kommunikasjon og samhandling. The Last Planner System er en planleggingsmetodikk som går ut på at de utførende selv planlegger eget arbeid.

Skanska-prosjektene Ensjø Torg og Tiedemannsbyen bruker begge VDC-rammeverket. Her brukes 3D-modeller som tegningsgrunnlag, og prosjektering foregår direkte i 3D-modellen i ICE-møtet. ICE-møtene brukes også som ramme for planlegging, både for prosjekterings- og produksjonsavdelingen. Fremdrift planlegges ved hjelp av The Last Planner System. På Ensjø Torg har BIM-koordinatoren begynt arbeidet med å lage en 4D-modell for prosjektet. Forventningene er store til implementering av 4D-modellen. De ansatte på prosjektet forventer at visualiseringen som kommer med en 4D-modell skal bringe med seg flere fordeler. Det forventes at overgangen fra prosjektering til produksjon skal gå lettere, da modellen bidrar til at det er lettere å se, ikke bare hva som skal bygges, men også hvilken rekkefølge det skal bygges i. 4D-modellen kan brukes til å belyse hvilke områder på byggeplassen som blir berørt av risikofylte arbeider. Slik kan modellen brukes til å ivareta sikkerheten på byggeplassen. Ensjø Torg-prosjektet har som ambisjon å bruke 4D-modellen til fremdriftsoppfølging. Dette innebærer at 4D-programvare skal benyttes for å avstemme fremdriftsplanen slik at det alltid er tydelig i modellen hvilke arbeider som er gjennomført og hvilke som gjenstår. På denne måten kan prosjektteamet konsentrere seg om fremtidige arbeider, og ikke bruke tid på å etterspørre informasjon om hvorvidt en aktivitet er gjennomført eller ei.

#### Stikkord:

1. Virtual Design and Construction
2. 4D
3. BIM
4. The Last Planner System

Ance Redman



## FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for Bygg- og Miljøteknikk, under Fakultet for Ingeniørvitenskap ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet. Oppgaven markerer slutten på et 5-årig masterstudium, og er skrevet i løpet av vårsemesteret 2017.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med entreprenøren Skanska Norge AS. Den har tatt sikte på å belyse begrepene Virtual Design and Construction, VDC, og 4D-modellering, og deretter kartlegge hvordan innføring av en 4D-modell vil påvirke den eksisterende VDC-prosessen i et byggeprosjekt. Jeg vil ta med meg kunnskapen jeg har opparbeidet i håp om at jeg kan bidra med denne i fremtidig arbeidsliv.

Jeg ønsker med dette å takke alle Skanskaansatte som stilte opp til intervjuer, og for at jeg fikk komme og besøke byggeplassene Tiedemannsbyen og Ensjø Torg. Jeg ønsker også å takke veileder ved Institutt for Bygg- og Miljøteknikk, Frode Drevland, for akademisk veiledning. En stor takk rettes også til min eksterne veileder i Skanska, Roar Fosse, for mye god veiledning og hjelp til å avtale intervjuer og byggeplassbesøk.

Til slutt vil jeg også takke alle menneskene som har gjort studietiden i Trondheim til en flott opplevelse.

Trondheim, 11. Juni 2017



Ance Redman



## SAMMENDRAG

Dagens byggebransje er i ferd med å bli digitalisert, og flere aktører i bransjen tar i bruk digitale verktøy som BIM og 3D-modeller. Flere bedrifter i byggebransjen har tatt i bruk Virtual Design and Construction, VDC. VDC anses som et samlebegrep for en rekke metoder og verktøy for forbedret prosjektgjennomføring støttet opp med digitale verktøy. 4D-modellering er neste generasjons BIM med prosjekters fremdriftsplan integrert i 3D-modellen.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Skanska Norge AS og tar sikte på å kartlegge hvordan 4D-modellering kan bidra i et eksisterende VDC-rammeverk. I forbindelse med denne oppgaven ble to forskjellige Skanska-prosjekter besøkt, der begge prosjektene har tatt i bruk VDC-verktøy og metoder. Ensjø Torg-prosjektet er det første til å ta i bruk 4D-modellering.

I første omgang ble det gjennomført et litteraturstudium for å danne det teoretiske grunnlaget i oppgaven. VDC tolkes som et paraplybegrep for digitale hjelpemidler, som BIM, og samhandlingsverktøy. Det finnes mange ulike verktøy og metoder som faller inn under VDC-begrepet, men alle disse har som fellestrekk at de skal forbedre prosjektets produkt, organisasjon og prosess. ICE-metodikken er en møteform som fremmer høyere grad av kommunikasjon og samhandling. The Last Planner System er en planleggingsmetodikk som går ut på at de utførende selv planlegger eget arbeid. Planleggingen gjøres bakover med utgangspunkt i en milepæl.

Skanska-prosjektene Ensjø Torg og Tiedemannsbyen bruker begge VDC-rammeverket. Her brukes 3D-modeller som tegningsgrunnlag, og prosjektering foregår direkte i 3D-modellen i ICE-møtet. ICE-møtene brukes også som ramme for planlegging, både for prosjekterings- og produksjonsavdelingen. Fremdrift planlegges ved hjelp av The Last Planner System.

På Ensjø Torg har BIM-koordinatoren begynt arbeidet med å lage en 4D-modell for prosjektet. Da prosjektet foreløpig er på et tidlig stadium, er ikke 4D-modellen i bruk enda. Forventningene er store til implementering av 4D-modellen. De ansatte på prosjektet forventer at visualiseringen som kommer med en 4D-modell skal bringe med seg flere fordeler. Det forventes at overgangen fra prosjektering til produksjon skal gå lettere, da modellen bidrar til at det er lettere å se, ikke bare hva som skal bygges, men også hvilken rekkefølge det skal bygges i. 4D-modellen kan brukes til å belyse hvilke områder på byggeplassen som blir berørt av risikofylte arbeider. Slik kan modellen brukes til å ivareta sikkerheten på byggeplassen.

Ensjø Torg-prosjektet har som ambisjon å bruke 4D-modellen til fremdriftsoppfølging. Dette innebærer at 4D-programvare skal benyttes for å avstemme fremdriftsplanen slik at det alltid er tydelig i modellen hvilke arbeider som er gjennomført og hvilke som gjenstår. På denne måten kan prosjektteamet konsentrere seg om fremtidige arbeider, og ikke bruke tid på å etterspørre informasjon om hvorvidt en aktivitet er gjennomført eller ei.





## SUMMARY

Today's construction industry is becoming digitalized, and several industry actors are using digital tools like BIM and 3D models. Several companies in the construction industry are implementing Virtual Design and Construction, VDC. VDC is considered a collective term for a number of methods and tools for improved project completion supported by digital tools. 4D modeling is the next generation BIM with the project schedule integrated into the 3D model.

This assignment has been written in collaboration with Skanska Norge AS and aims to map how 4D modeling can contribute in an existing VDC framework. In conjunction with this task, two different Skanska projects were visited, both of which have implemented VDC tools and methods. The Ensjø Torg project is the first to use 4D modeling in Skanska.

Initially, a literature study was conducted to form the theoretical foundation of this assignment. VDC is interpreted as a collective term for digital aids, such as BIM, and interaction tools. There are many tools and methods that can be considered a part of the VDC concept, but all of these have the common feature of improving the product, organization and process of the project. The ICE methodology is a meeting form that promotes higher levels of communication and interaction. The Last Planner System is a scheduling methodology where the executives themselves plan their own work. The scheduling is done backwards based on a milestone.

The Skanska projects Ensjø Torg and Tiedemannsbyen both use the VDC framework. 3D models are used as drawings, and engineering is done directly in the 3D model in the ICE meetings. The ICE meetings are also used as a framework for planning and scheduling, both for the design and production department. Production scheduling is done by using The Last Planner System.

At Ensjø Torg, the BIM coordinator works on creating a 4D model for the project. As the project is currently at an early stage, the 4D model is not yet in use. Expectations are great for implementing the 4D model. The project staff expects the visualization that comes with a 4D model to bring several benefits. It is expected that the transition from design to production will be easier, as the model helps make it easier to see not only what to build, but also in which order to build. The 4D model can be used to illuminate which areas of the construction site affected by risky work activities. This way the model can be used to ensure the safety of the site.

The Ensjø Torg project aims to use the 4D model for progress follow-up. This means that 4D software should be used to update the schedule so that it is always clear in the model what work has been completed and what remains. In this way, the project team can concentrate on future work, and not spend time demanding information about whether an activity has been completed or not.



# INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>FORORD</b> .....	<b>III</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>V</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>VII</b>
<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>XI</b>
<b>TABELLISTE</b> .....	<b>XI</b>
<b>VEDLEGG</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
1.1 BAKGRUNN .....	3
1.2 FORMÅL OG PROBLEMSTILLING .....	4
1.3 FORSKNINGSSPØRSMÅL .....	4
1.4 OMFANG OG BEGRENSNING .....	5
1.5 OPPGAVENS OPPBYGGING .....	6
1.6 BEGREPSLISTE.....	7
<b>2. METODE</b> .....	<b>9</b>
2.1 KVALITATIV OG KVANTITATIV FORSKNINGSMETODE .....	9
2.2 ULIKE METODER FOR DATAINNSAMLING .....	11
2.3 VALGTE METODER .....	12
2.3.1 Litteraturstudium .....	14
2.3.2 Intervju .....	17
2.4 RESULTATENES GODHET .....	19
<b>3. VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION</b> .....	<b>23</b>
3.1 DEFINISJON .....	23
3.1.1 <i>Product, Organization and Process - POP</i> .....	25
3.2 PRODUKTET - BYGNINGSINFORMASJONSMODELLER.....	27
3.3 ORGANISASJONEN - MØTESTRUKTUR .....	30
3.4 PROSESSEN - PLANLEGGING .....	32
<b>4. 4D</b> .....	<b>35</b>
4.1 DEFINISJON .....	35
4.2 DEN FJERDE DIMENSJONEN .....	36
4.3 VDC OG 4D .....	41
4.4 4D-VERKTØY.....	44
<b>5. VDC I SKANSKA</b> .....	<b>47</b>
5.1 SKANSKA NORGE AS OG PROSJEKTENE .....	47
5.1.1 <i>Tiedemannsbyen og Ensjø Torg</i> .....	47
5.2 VDC I SKANSKA .....	49
5.2.1 <i>Skanskas Visjon</i> .....	49
5.2.2 <i>Bruk av VDC</i> .....	51
5.3 BRUK AV ICE-METODIKKEN .....	52
5.4 BRUK AV BIM .....	54

5.5 BRUK AV THE LAST PLANNER SYSTEM .....	57
5.6 EFFEKTER.....	61
5.7 FREMTIDEN MED VDC .....	63
<b>6. IMPLEMENTERING AV 4D .....</b>	<b>65</b>
6.1 4D PÅ ENSJØ TORG I DAG .....	65
6.2 HVORDAN 4D-MODELLEN LAGES, OG HVORDAN DENNE BRUKES.....	66
6.3 HVORDAN PÅVIRKER EN 4D-MODELL ET PROSJEKT .....	69
6.4 FORVENTNINGER.....	71
6.5 FORDELER OG UTFORDRINGER .....	72
<b>7. DISKUSJON .....</b>	<b>77</b>
7.1 OM VDC-SATSNINGEN.....	77
7.2 VDC-PROSESSEN .....	80
7.2 HVA FORVENTES MED VDC-SATSNINGEN .....	83
7.3 4D PÅ ENSJØ TORG .....	84
7.4 Å IMPLEMENTERE 4D I EKSISTERENDE VDC-PROSESS.....	86
<b>8. KONKLUSJON.....</b>	<b>89</b>
<b>9. VIDERE ARBEID.....</b>	<b>91</b>
<b>REFERANSER .....</b>	<b>93</b>

## FIGURLISTE

FIGUR 1: PRODUKT, ORGANISASJON OG PROSESS (EIKELAND, 2001)	25
FIGUR 2: ILLUSTRASJON AV 3D-MODELL (NTICAD.NO, 2016).	27
FIGUR 3: ILLUSTRASJON AV ET ICE-MØTE (DLR.DE, 2016).	31
FIGUR 4: PROSESSEN I 4D-MODELLERING (REDMAN, 2017).	36
FIGUR 5: ILLUSTRASJON AV BRUKERGRENSESNITT I 4D-PROGRAMVARE (FISCHER OG KUNZ, 2004).	39
FIGUR 6: KOSTNAD OG TIDSBRUK PÅ CMG-SYKEHUSPROSJEKT (KHANZODE ET AL, 2008).	42
FIGUR 7: SKANSKA NORGE AS VDC-MODELL (SKANSKA, N.D.)	49
FIGUR 8: ICE-MØTE I SKANSKA (SKANSKA, N.D.)	52
FIGUR 9: BRUK AV BIM I ICE-MØTE (SKANSKA, N.D.)	53
FIGUR 10: BRUK AV DATASKJERMER FOR Å LAGE REFERATER MED UTKLIPP FRA BIM (SKANSKA, N.D.)	54
FIGUR 11: BRUK AV DATASKJERMER TIL Å LAGE REFERATER MED SKJERMUTKLIPP FRA BIM (SKANSKA, N.D.)	55
FIGUR 12: BIM-KIOSK (REDMAN, 2016)	56
FIGUR 13: ILLUSTRASJON AV EN LAST PLANNER-PLAN (REDMAN, 2016).	57
FIGUR 14: ICE-MØTE I SKANSKA (SKANSKA, N.D.)	58
FIGUR 15: DIGITALISERING AV LAST PLANNER-PLAN (SKANSKA, N.D.)	59
FIGUR 16: DIGITALISERING AV SPØRSMÅLSMATRISE (SKANSKA, N.D.)	59
FIGUR 17: BRUKERGRENSESNITTET I SYNCHRO PRO (SYNCHRO PROFESSIONAL, N.D.)	67

## TABELLISTE

TABELL 1: BEGREPSLISTE	7
TABELL 2: ULIKE METODER FOR INFORMASJONSINNHEITING	11
TABELL 3: FORSKNINGSSPØRSMÅL OG TILHØRENDE METODER	12
TABELL 4: SØKEORD, LITTERATURSTUDIUM	15
TABELL 5: INTERVJUOBJEKTER	17
TABELL 6: POP-MODELLEN	26
TABELL 7: DIMENSJONER VED BIM	27
TABELL 8: VIRKNINGER VED BRUK AV 4D-MODELL (BASU, 2007).	37
TABELL 9: FORVENTEDE EFFEKTER AV 4D-IMPLEMENTERING	87

## VEDLEGG

VEDLEGG 1: INTERVJUGUIDE - VDC I SKANSKA NORGE AS	
VEDLEGG 2: INTERVJUGUIDE - 4D-PLANLEGGING	
VEDLEGG 3: INTERVJUGUIDE - 4D-PLANLEGGING. OPPDATERT.	



# DEL 1 – INNLEDNING OG METODE





# 1. INNLEDNING

I dette kapittelet kartlegges oppgavens bakgrunn, problemstilling, formål og oppbygging.

## 1.1 BAKGRUNN

Det skrives stadig i media at dagens byggebransje er lite produktiv og effektiv i forhold til hva den har vært tidligere, både nasjonalt og globalt. Det kreves bare et raskt internettsøk på nettsider som bygg.no eller tekniskukeblad.no for å få bekreftet at andre industribransjer opplever produktivitetsvekst som følge av innovasjon og digitalisering. Oljebransjen har lenge vært på teknologifronten når det gjelder å ta i bruk digitale hjelpemidler for å øke produktivitet. Jon Sandnes i Byggenærings Landsforening sier at for å få bukt med produktivitsnedgangen i byggebransjen må verktøy og metoder som BIM og Lean-tankegang tas i bruk (Sandnes, 2014).

De siste årene har BIM vokst frem som et digitalt hjelpemiddel som tas i bruk i større grad. Bedriftene i bransjen bruker BIM som trekkplaster for at kundene skal velge dem. Flere bedrifter tar i bruk BIM i større skala og "tegningsløst" er et ord som er i vinden, der bedrifter velger bort 2D-papirtegninger og tar i bruk 3D-modeller som produksjonsunderlag. Allikevel ender mange byggesaker i rettsalene. Mennesker undertegnede har snakket med i Skanska Norge AS mener at grunnen til dette er at svært mange aktører i bransjen er mer opptatt av å verne om egne interesser enn å nå et felles mål.

Med bakgrunn i produktivitsnedgangen utarbeidet Stanford University – Center for Integrated Facility Engineering konseptet Virtual Design & Construction, VDC. Med VDC som bakgrunn mener CIFE at høyere grad av samhandling mellom prosjektets ulike aktører og bruk av digitale verktøy vil bidra til å snu den negative trenden (Khanzode et al., 2006). De ulike aktørene som beskrives her er byggherre, entreprenør, eiere, de prosjekterende, de utførende fagarbeidere, underentreprenører og leverandører. VDC er ikke i seg selv en rekke nye metoder og verktøy, men allerede eksisterende metoder og verktøy satt sammen i et system.

Neste generasjons BIM er ikke bare 3D-modeller av et bygg, men også 4D-modeller. En 4D-modell er en 3D-modell koblet sammen med fremdriftsplanene til byggeprosjektet. Det er med denne oppgaven ønskelig å utforske hvordan en 4D-modell kan bidra til å forbedre VDC-rammeverket.

## 1.2 FORMÅL OG PROBLEMSTILLING

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med og for Skanska Norge AS. Det ble skrevet en prosjektoppgave høsten 2016 om temaet VDC, da Skanska på dette tidspunktet hadde begynt å ta i bruk VDC-rammeverket på flere av sine prosjekter. Denne masteroppgaven tar sikte på å kartlegge forventninger til implementering av en 4D-modell i dette eksisterende VDC-rammeverket. Problemstillingen for denne masteroppgaven er som følger:

*Hvordan vil innføring av en 4D-modell påvirke VDC-prosessen i et Skanska-byggeprosjekt?*

## 1.3 FORSKNINGSSPØRSMÅL

For å kunne besvare problemstillingen på en systematisk måte ble det utarbeidet 5 forskningsspørsmål. Forskningsspørsmålene utarbeides for å kunne belyse problemstillingen mer spesifikt og grundig. Følgende forskningsspørsmål ble utarbeidet:

1. Hva er VDC?
2. Hvordan er VDC-prosessen i Skanska?
3. Hva ønsker Skanska å oppnå med å implementering av VDC?
4. Hva er 4D og hvilke erfaringer finnes med bruk av det?
5. Hvilke forventninger har Skanska til å implementere en 4D-modell i eksisterende VDC-rammeverk?

## 1.4 OMFANG OG BEGRENSNING

Masteroppgaven er skrevet vårsemesteret 2017. Forberedelser til oppgaven startet derimot allerede høsten 2016, med litteraturstudium og prosjektoppgave. Masteroppgavens omfang tilsvarer 30 studiepoeng. Oppgaven inneholder en teoretisk del og en empirisk del. Mye av litteraturen og teorien fra litteraturstudiet og prosjektoppgaven er benyttet, samt intervjuer som ble gjennomført i forbindelse med prosjektoppgaven.

For at oppgavens omfang ikke skulle bli for stort, ble det gjort begrensninger av innholdet i forkant. Dette ble gjort i form av at temaene som diskuteres i både teoridel og resultatdel ikke er særlig dyptdykkende. Begge temaene som beskrives i denne oppgaven, VDC og 4D-modeller, er svært omfattende temaer. Med problemstillingen som bakgrunn var det kun ønskelig å belyse disse temaene slik at leser får en generell forståelse. Temaet VDC kan, som beskrevet i kapittel 3, omfatte svært mange metoder og verktøy, og det har vært nødvendig å begrense beskrivelsen av disse slik at teorien er relevant i forbindelse med empirien. VDC-metodene og verktøyene som er beskrevet i teoridelen er blitt valgt slik at det finnes empiri å diskutere funnene mot.

Gjennom arbeid med både teoridelen og empiri-delen av oppgaven er det muligheter for å utdype de tekniske aspektene ved BIM og 4D. Dette er valgt begrenset da oppgavens problemstilling handler om å kartlegge forventninger og muligheter ved implementering av nye verktøy og ikke så mye om bruken av verktøyene sett i et teknisk lys.

Arbeidet med oppgaven er begrenset i tid. Dette betyr at antall metoder for informasjonsinnhenting og antall byggeprosjekter som har blitt besøkt, er begrenset. Flere metoder betyr mer arbeid. Antall byggeprosjekter betyr mer reising for undertegnede, som igjen betyr mer utlegg.

## 1.5 OPPGAVENS OPPBYGGING

Opgaven er delt inn i 4 deler og 9 kapitler. Oppgavens innhold er fordelt slik:

### 1. Innledning og metode

- Kapittel 1: Introduksjon.  
*I dette kapitlet introduseres oppgaven, problemstillingen og forskningsspørsmålene.*
- Kapittel 2: Metode  
*I dette kapitlet presenteres og redegjøres det for metodevalgene.*

### 2. Teori

- Kapittel 3: Virtual Design and Construction  
*I dette kapitlet presenteres teorien tilknyttet temaet Virtual Design and Construction.*
- Kapittel 4: 4D  
*I dette kapitlet presenteres teorien tilknyttet temaet 4D.*

### 3. Resultater fra Skanska

- Kapittel 5: VDC i Skanska  
*I dette kapitlet presenteres resultatene fra intervjuer om VDC.*
- Kapittel 6: Implementering av 4D  
*I dette kapitlet presenteres resultatene fra intervjuer om 4D.*

### 4. Diskusjon og konklusjon

- Kapittel 7: Diskusjon  
*I dette kapitlet diskuteres teori mot empiri.*
- Kapittel 8: Konklusjon  
*I dette kapitlet presenteres oppgavens konklusjon.*
- Kapittel 9: Videre arbeider  
*I dette kapitlet fremmes forslag til videre arbeider med problemstillingen.*

Etter kapittel 9 følger referanseliste og vedlegg.

## 1.6 BEGREPSLISTE

I dette delkapitlet presenteres forkortelser som brukes i oppgaven, og hvor disse forkortelsene vil bli beskrevet.

TABELL 1: BEGREPSLISTE

Forkortelse	Begrep	Forklaring
VDC	Virtual Design and Construction	Kapittel 3.1
BIM	Bygnings-Informasjons-Modell	Kapittel 3.2
3D	3-dimensjonal, viser til BIM	Kapittel 3.2
LPS	The Last Planner System	Kapittel 3.4
ICE	Integrated Concurrent Engineering	Kapittel 3.3
4D	4-dimensjonal	Kapittel 4.1
POP	Product-Organization-Process eller Produkt-Organisasjon-Prosess	Kapittel 3.1.1
VDT	Virtual Design Team	Kapittel 3.4
FDV	Forvaltning, drift og vedlikehold	-



## 2. METODE

*“En metode er en fremgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder.”* (Euris og Furseth, 2012)

En forskningsmetode er kort oppsummert en måte å samle inn informasjon slik at en kan besvare en problemstilling. Det er en strategi eller teknikk som en benytter for å løse et problem eller for å tilegne seg ny kunnskap (Euris og Furseth, 2012). Alle typer forskningsmetoder har fordeler og ulemper og utfordringen er å velge de metodene en tror er best egnet til å besvare ens forskningsspørsmål. Valg av metode kan påvirke hvilke resultater som oppnås, og dette er noe en burde være oppmerksom på når valget gjøres. Dette kapitlet handler om valg av metode for å besvare masteroppgavens problemstilling og hvorfor disse metodene ble valgt. Deretter følger en vurdering av den innsamlede informasjonens godhet, om metodene har bidratt til at denne informasjonen er pålitelig og etterprøvable.

### 2.1 KVALITATIV OG KVANTITATIV FORSKNINGSMETODE

#### **Kvantitativ metode**

Kvantitative data er data som er målbare, de er som regel mulige å tallfeste (Larsen, 2012). Kvantitative metoder benyttes ofte for å besvare problemstillinger der en ønsker å teste holdbarheten av eksisterende teorier. Disse problemstillingene er ofte presise idet forskningsmetoden skal velges. Kvantitative metoder benyttes når ønsket resultat skal være oversiktlig presentert, for eksempel gjennom diagrammer eller tabeller. En fordel med kvantitativ metode er at man kan være selektiv og velge ut akkurat den type informasjon en ønsker å bruke. Et eksempel på dette er spørreundersøkelse, der en kan avgrense hvilke svar det er mulig å gi. De innsamlede dataene kan deretter bearbeides ved hjelp av digitale hjelpemidler som gir statistiske analyser. Begrensningen med disse metodene er at det ikke er mulig å utdype svar, ei heller å nyansere disse svarene. Dette kan føre til at man ikke får all den informasjonen en trenger, eller at dataene er vanskelige å se i en større sammenheng.

### **Kvalitativ metode**

Kvalitative data kalles gjerne myke data (Larsen, 2012), og disse er ikke-tallfest-bare. Kvalitative metoder benyttes som regel når problemstillingen er noe uklar, og når formålet er å danne seg en helhetsforståelse av et tema. De kvalitative metodene åpner for å bruke data som er basert på folks meninger og holdninger. Ofte krever de kvalitative metodene at den som undersøker må møte personer ansikt til ansikt, og dette åpner for å gå i dybden på ulike spørsmål. Gjennom intervjuer er det også mulig å legge til spørsmål dersom man mener at man kan tilnærme seg informasjon man på forhånd ikke visste var nødvendig eller relevant. Observasjoner kan bidra til at man får en bedre forståelse av et tema, som igjen bidrar til at det er lettere å tolke dataene. Kvalitative data krever mer arbeid i etterkant ved at man må bearbeide informasjonen mer enn ved kvantitative data. Den manglende anonymiteten knyttet til flere av de kvalitative metodene kan føre til at den innsamlede informasjonen ikke er helt ærlig.



## 2.2 ULIKE METODER FOR DATAINNSAMLING

En metode brukes som redskap for å samle inn den informasjonen vi har behov for (Dalland, 2012). Det finnes mange ulike metoder som kan benyttes for å samle inne denne informasjonen, og hvilken metode som burde benyttes avhenger av hva slags problemstilling vi har. Valg av metode har også sine begrensninger. Dette kan eksempelvis være begrensning i tid, ressurser, tilgang på intervjupersoner ol. Man burde også ta hensyn til om metoden man velger er praktisk. Eksempel på dette kan være valg av case-studie ut i fra beliggenhet. Forskerens erfaring med ulike metoder kan påvirke valg av metode. Jo bedre man behersker en metode, jo bedre vil resultatene bli. Nedenfor, i Tabell 2, presenteres et utvalg av de vanligste metodene, med kommentarer og anbefalinger til hver av metodene hentet fra *Praktisk rapportskrivning* (Olsson, 2011).

TABELL 2: ULIKE METODER FOR INFORMASJONSINNHEITING

Metode	Beskrivelse	Kommentar
Dokument-gjennomgang	Lese gjennom og studere dokumenter om et spesielt tema.	Anbefales som en forberedning til bruk av andre metoder for å skaffe seg en bedre forståelse av temaet, situasjonen og valgt metode.
Bruk av eksisterende data	Søk og evaluering av informasjon fra systemer, rapporter og lignende.	Ved bruk av eksisterende data er det nødvendig å kartlegge hvordan denne dataen er produsert, hvordan den kan anvendes og om den er pålitelig og relevant.
Intervjuer med nøkkelpersoner	Intervju med personer som har kunnskap om temaet.	Det anbefales å utarbeide intervjuguide i forkant av intervjuer, inkludert en beskrivelse av formålet og bruken av dataene.
Deltakende observasjoner	Utførelse av oppgaver i det miljøet man studerer.	Viktig å skille mellom rollen for medarbeider og rollen som forsker. Det skal være mulig for forsker å kunne reflektere rundt observasjonene som gjøres.
Direkte observasjoner eller målinger	Måling av data med hjelp av instrumenter eller direkte observasjon.	Anbefales å utarbeide en plan for observasjonene og klargjøre observasjonsnotat på forhånd.
Spørreundersøkelser	Spørsmål settes opp og sendes til utvalgte respondenter.	Spørsmålene i undersøkelse burde være så tydelige at de ikke fører til misforståelser.
Casestudier	Dyptgående studie av prosjekter eller eksempler som har som mål å gi innsikt og forståelse.	Casestudier er ikke representative eller generaliserbare, de skal behandles som at de er illustrative.

## 2.3 VALGTE METODER

Formålet med denne oppgaven har vært å undersøke hvordan implementering av et nytt digitalt verktøy vil påvirke prosessen i en eksisterende ramme av digitale hjelpemidler og møtestruktur på en byggeplass. Det vil si at det har vært nødvendig å samle inn informasjon for å forstå og få et helhetsbilde av en møteprosess, og kvalitative metoder har dermed vært det logiske valget videre. Det har i første omgang vært nødvendig å skaffe informasjon om de ulike elementene i VDC og 4D, hver for seg. Deretter har det vært nødvendig å skaffe informasjon om hvordan disse elementene fungerer sammen i praksis. Det har derfor vært naturlig å benytte både teori og empiri i denne oppgaven. Teorien er samlet inn ved å benytte litteraturstudium som metode og empirien er samlet inn gjennom intervjuer med nøkkelpersoner. I Tabell 3 presenteres forskningsspørsmålene og metodene benyttet for å besvare disse.

TABELL 3: FORSKNINGSSPØRSMÅL OG TILHØRENDE METODER

Forskningsspørsmål	Metode
Hva er VDC?	Litteraturstudium
Hvordan er VDC-prosessen i Skanska?	Intervju
Hva ønsker Skanska å oppnå med å implementering av VDC?	Intervju
Hva er 4D-planlegging og hvilke erfaringer finnes med bruk av det?	Litteraturstudium
Hvilke forventninger har Skanska til å implementere 4D-planlegging i eksisterende VDC-rammeverk?	Intervju

### Begrunnelse av valg

Undertegnede har jobbet for Skanska tidligere, og ønsket å skrive masteroppgave i samarbeid med bedriften. Skanska valgte tema for oppgaven, Virtual Design & Construction. Som forberedelse til masteroppgaven ble det høsten 2016 skrevet en prosjektoppgave om temaet. I forkant av prosjektoppgaven ble det gjennomført et forberedende litteraturstudium. Siden løpet i forkant av masteroppgaven var lagt opp slik, var det svært praktisk å velge at temaet for litteraturoppgaven og prosjektoppgaven var det samme som skulle være tema på masteroppgaven. I løpet av høsten 2016 ble det samlet inn mye relevant informasjon ved hjelp av litteraturstudium som metode, og metoden opplevdes som positiv og fruktbar. Intervju med nøkkelpersoner ble valgt som empirisk metode, da dette høstet gode resultater til prosjektoppgaven og undertegnede oppfattet dette som en god metode for å kunne samle inn informasjon om et tema som på daværende tidspunkt var fremmed for forfatter.

## Prosess

Begge metodene som har blitt benyttet er kvalitative forskningsmetoder. Det har åpnet for å kunne besvare en problemstilling med uklare mål, og gitt mulighet for å kunne utforske utvalgte temaer i dybden. I både teoridelen og empiridelen av oppgaven har det vært krav om at informasjonen som samles inn blir gransket, vurdert og reflektert over. Nedenfor presenteres prosessen med å bruke disse to metodene for å besvare oppgavens problemstilling.

1. Utarbeide forskningsspørsmål.
2. Velge forskningsmetode:
  - Litteraturstudium, søkeord: VDC, ICE, BIM, LPS, 4D, Planlegging
  - Intervjuer, spørsmål: Om VDC og effekter, bruk av VDC-verktøy; ICE, BIM, LPS. Om 4D, bruk, effekter og forventninger.
3. Strukturere litteratur i teorikapittel.
4. Bearbeide intervjuer og strukturere de empiriske resultatene.
5. Diskusjon av resultater mot teori, besvare forskningsspørsmålene. Konklusjon.

Ved oppstarten av denne oppgaven ble observasjon som metode vurdert. I etterpåklokskaps lys, da det kommer frem at intervjuobjektene mener visualisering vil være en av de største fordelene med 4D, hadde det vært aktuelt å observere bruken av en 4D-modell. I kombinasjon med intervjuer for å utdype om observasjonene ville dette gitt god empiri til oppgaven (Dalland, 2012). Denne metoden ble derimot ikke mulig å benytte, da det skulle vise seg at 4D-planen på intervjutidspunktet ikke enda var i bruk.

## Bilde og fotografier

For å kunne illustrere de ulike begrepene og metodene i denne oppgaven har det blitt benyttet foto og bilder. Noen av bildene er hentet fra internett, og noen av bildene er fotografier tatt i sammenheng med Skanska. Noen av bildene er tilsendt fra veileder i Skanska og noen av bildene er fotografert av undertegnede. Alle fotografier tatt i sammenheng med Skanska er brukt med tillatelse av avbildede.

### 2.3.1 LITTERATURSTUDIUM

Litteraturstudium er metoden som har blitt benyttet for å samle inn informasjon som danner det teoretiske grunnlaget for denne oppgaven. Dette ble vurdert som den beste metoden å samle inn denne informasjonen da det finnes veldig mye forskning og teori presentert i litteraturform på internett, i bøker, tidsskrifter m.m. I forbindelse med denne oppgaven har litteraturstudiet gått ut på å benytte ulike søkemotorer på internett for å finne forskningsartikler, bøker, konferanseinnlegg, doktorgradsavhandlinger og masteroppgaver, som er relevante for temaet. Litteraturen har blitt benyttet som sammenlikningsgrunnlag når resultatene fra empirien har blitt diskutert.

Da prosjektoppgaven ble skrevet høsten 2016, ble det samlet inn informasjon om begrepet VDC generelt, men også om de ulike elementene innenfor VDC, hver for seg. Ved oppstart av masteroppgaven kunne denne litteraturen benyttes, men det var nødvendig å supplere med teori om 4D og bruken av både VDC og 4D sammen.

#### **Søkekriterier og databaser**

Å velge kildene med omhu er nøkkelen til å samle inn god informasjon (Euris og Furseth, 2012). Fokuset for dette litteratursøket har vært på at kildene skal være relevante for problemstillingen, pålitelige og troverdige. For å oppnå disse kriteriene har det vært nødvendig å vurdere kildens:

- *Tittel og sammendrag.* Relevans anses som det viktigste kriteriet i litteratursøket for denne oppgaven.
- *Forfatter(e).* Dersom forfatter er mye omtalt, og har mange siteringer, er dette et tegn på at forfatteren er troverdig.
- *Utgivelsesdato.* En kilde kan være troverdig og pålitelig, men den kan ha mistet relevans dersom den har blitt utdatert.
- *Publiseringskanal.* Ulike fagområder har ofte egne databaser eller egne tidsskrifter. Er litteraturen publisert hos en relevant kanal anses denne ofte som god.
- *Utgivelsessted og forlag.* Er litteraturen utgitt ved et universitets- eller fagbokforlag, eller i en kjent universitetsby, anses den som pålitelig.

For å finne den ønskede litteraturen har ulike søkemotorer og databaser på internett blitt brukt. For å finne relevante databaser ble søkemotoren Google Scholar brukt. Ut i fra treffene på Google Scholar ble databasene med relevans utforsket. I forbindelse med denne oppgaven har IGLC.net (International Group for Lean Construction) blitt brukt for å hente informasjon om VDC og bruk av BIM og The Last Planner System. Dette anses som en svært relevant og pålitelig plattform for litteratur om og rundt Lean Construction. Stanford University - CIFE sin database har også blitt benyttet for å samle informasjon om VDC, samt 4D, da dette universitetet regnes som VDC-begrepets fødested. NTNUs egen ORIA - Universitetsbiblioteket og BuildingSmart.no har blitt brukt for å studere tidligere studentoppgaver og doktorgradsavhandlinger av relevans.

## Søkeord

VDC er et begrep som stammer fra Center for Integrated Facility Engineering ved universitetet i Stanford. Tolker man dette begrepet kan det forstås som et samlebegrep for mange ulike typer digitale hjelpemidler og planleggingsmetoder. Dette betyr at ulike verktøy og metoder satt i system kan forstås som VDC, uten at de nødvendigvis beskrives som VDC. Dette har vært en av de store utfordringene knyttet til litteratursøket. Ved å bruke søkeordet VDC når man leter etter litteratur vil man da utelate all informasjonen om disse metodene som ikke inneholder begrepet VDC. Fremgangsmåten har derfor vært "prøv og feil" ved å søke på ulike kombinasjoner av undertegnede kunnskap om digitale hjelpemidler og planleggingsmetoder. På tross av gode tips til litteratur og databaser fra veiledere, er sannsynligheten tilstede for at noe god litteratur ikke har blitt funnet.

TABELL 4: SØKEORD, LITTERATURSTUDIUM

Søkeord VDC	"VDC"
	"Virtual Design and Construction"
	"Virtual Design & Construction"
	"ICE"
	"Integrated Concurrent Engineering"
	"Building Information Modelling"
	"3D-model"
	"Last Planner System"
Søkeord 4D	"4D-modelling"
	"4D-scheduling"
	"4D + Construction"
	"4D + VDC"

En liste over søkeordene som ble brukt i litteraturstudiet finnes i Tabell 4. I starten av litteraturstudiet ble søkeordene og frasene "VDC", "Virtual Design and Construction", "Virtual Design & Construction" benyttet. Etterhvert som litteraturen fra disse søkene ble analysert og nye begreper dukket opp ble disse begrepene også søkt videre på og utforsket. Deretter ble kombinasjoner av disse begrepene forsøkt. Som nevnt ovenfor, var det utfordrende å finne litteratur om kombinasjoner av alle begrepene presentert i artiklene som omhandler VDC-begrepet mer generelt. I søkene om 4D var det nødvendig å samle inn informasjon som kunne brukes til å kartlegge 4D generelt, både 4D-modellering, det tekniske aspektet ved begrepet, og 4D-planlegging, bruksområdet til begrepet. Deretter var det nødvendig å finne informasjon om 4D i bruk sammen med VDC-verktøy og -metoder. Det var nødvendig å presisere at søket skulle skaffe til veie informasjon om 4D-bruk i sammenheng med byggebransjen, da vanlige søk på internett gir mange andre bruksområder, for eksempel 4D-kinoopplevelser. Erfaringer fra prosjektoppgavens litteraturstudium viste at engelsk var beste språk å benytte, da søkeordene ga mange flere relevante treff enn om søkene ble gjort på norsk.

## **Analyse**

Når de innsamlede dataene har blitt analysert har meningsanalyse blitt benyttet, det vil si at ved gjennomgang av litteraturen har undertegnede forsøkt å kartlegge sammenhenger, mønstre og fellestrekk. Når litteraturen ble lest, ble den samtidig kodet etter temaer, begreper og begrepsforklaringer. Disse kodene ble deretter sortert, og når litteraturen skulle gjengis med egne ord, ble disse kodene benyttet som kapitler i oppgaven. For å kunne lage helhetlige og godt formulerte tekster om temaene ble ulike mønstre og sammenhenger identifisert og deretter gjengitt med egne ord.

### 2.3.2 INTERVJU

#### Intervjuobjekter og prosjekter

Oppgavens andre del tar sikte på å belyse effekter og forventninger av begrepene beskrevet i teoridelen. Den logiske fremgangsmåten for å innhente informasjon var å besøke stedene disse effektene eventuelt skulle vise seg og å møte menneskene som eventuelt hadde forventninger. Det naturlige var dermed å reise til byggeplassene der dette fant sted. For å kunne få svar på menneskers oppfatninger, forventninger og meninger om implementering av nytt verktøy ble intervju med nøkkelpersoner valgt, da dette anses som beste metode for å samle inn denne informasjonen. Ekstern veileder fra Skanska, Roar Fosse, ordnet med case-prosjekter og hvilke mennesker det var aktuelt å intervju til denne oppgaven. Det var Fosse som tipset om Tiedemannsbyen som VDC-prosjekt, og dette ble valgt av praktiske årsaker som reisevei. Ensjø Torg var eneste valg av prosjekt for å kartlegge bruk av 4D, da dette er det eneste prosjektet som har tatt i bruk denne metoden. De ulike intervjuobjektene ble valgt for å få en bredde i organisasjonshierarkiet i prosjektene. De intervjuede blir presentert i Tabell 5. Alle er ansatte i Skanska Norge AS.

TABELL 5: INTERVJUOBJEKTER

Navn	Stilling	Tilhørighet
Anders Nordhagen	Anleggsleder	Tiedemannsbyen
Jan Billing	Prosjekteringsleder	Tiedemannsbyen
Lars Brovold	Prosjektleder	Tiedemannsbyen
Roar Fosse	Trimmet-bygging-rådgiver	Region Oslo - Bolig
Stig Eriksen	Prosjektdirektør	Ensjø Torg
Tomas Kjendlie	Regionsdirektør	Region Oslo - Bolig
Tom Ivar Torper	Anleggsleder	Ensjø Torg
Bjørn Einar Andersen	Prosjektleder	Ensjø Torg
Mattias Grepperud	BIM-koordinator	Ensjø Torg

Som nevnt i forrige underkapittel, ble det skrevet en prosjektoppgave høsten 2016 om temaet VDC. I forbindelse med denne oppgaven ble det gjennomført intervjuer om dette temaet. Intervjuene ble gjennomført med ansatte på boligprosjektet Tiedemannsbyen i Oslo. Disse resultatene er også brukt i denne oppgaven i kapitlet om VDC. For å supplere denne informasjonen, ble også intervjuobjektene på Ensjø Torg stilt en del av de samme spørsmålene. I forkant av intervjuene ble det utarbeidet en intervjuguide. I tillegg til disse spørsmålene ble det stilt tilleggsspørsmål for å avklare og utdype en del begreper. Intervjuguiden som ble brukt høsten 2016 finnes i Vedlegg 1.

### **Tilpassing av problemstilling**

I første omgang ble det utarbeidet en problemstilling som tok sikte på å kartlegge effekter ved bruk av 4D. Intervjuguide ble utarbeidet og intervjuene ble gjennomført. Det ble også utarbeidet egne spørsmål til BIM-koordinator ved prosjektet av en mer teknisk karakter, for å kunne belyse den lille delen av oppgaven som er teknisk. Det skulle vise seg at Ensjø Torg ikke brukte 4D aktivt på dette tidspunktet, og at 4D-modellen kun var under utvikling. Spørsmålene om effekter av 4D kunne dermed ikke bli besvart. Sammen med veileder Frode Drevland ble en ny problemstilling utarbeidet, en problemstilling som skulle kartlegge forventninger knyttet til implementering av 4D. Dermed ble de innsamlede dataene mer aktuelle, da det kun var forventningene til 4D-implementering intervjuobjektene kunne svare på. Intervjuguiden ble dermed tilpasset litt før BIM-koordinator ble intervjuet i etterkant. Intervjuguidene som ble brukt i forbindelse med 4D, og om VDC på Ensjø Torg, finnes i Vedlegg 2 og Vedlegg 3.

### **Gjennomføring**

Begge intervjurundene ble gjennomført på de respektive anleggskontorene. Intervjuene ble gjennomført på møterom, der kun intervjuobjekt og intervjuer befant seg. Intervjuene ble tatt opp med båndopptaker, og senere transkribert. Intervjuenes varighet varierte mellom 20 minutter og 1 time og 20 minutter, alt tilpasset behov for tilleggsspørsmål, utdypinger og intervjuobjektens villighet til å snakke. Alle intervjuobjektene ble i forkant av intervjuet informert om resultatenes bruk, deres valgmulighet til å være anonyme og å nekte bruk av båndopptaker.

### **Analyse**

Når intervjuene var gjennomført, ble de transkribert. Dette ble gjennomført ved at intervjuene ble skrevet ned og direkte gjengitt i tekstform ved at undertegnede hørte på lydopptakene samtidig som skrivearbeidet ble gjort. Deretter ble tekstene renskrevet for å fjerne alle språklige tillegg vi lager når vi snakker. Disse intervjuene ble deretter kodet tema for tema. Når resultatkapitlene i denne oppgaven ble laget, ble oppsettet dannet ut i fra de ulike temaene som ble snakket om i intervjuene. Informasjon om ett tema, fra alle intervjuene, ble plassert under samme kapittel, og deretter skrevet om slik at sammenhenger og meninger kom tydelig frem av teksten.

Etter at både teori og empiri var ferdigstilt, ble disse drøftet og diskutert opp mot hverandre. Det var ønskelig å se sammenhenger mellom teori og praksis, og eventuelle avvik mellom disse. Meningen med å samle inn empirisk informasjon var å kartlegge om Skanskas tolkning av VDC er den samme som man kan finne i litteraturen, og om litteraturen også inneholder ulike tolkninger av dette begrepet. Det var også ønskelig å kartlegge om Skanskas forventninger til 4D samsvarer med erfaringer som er presentert i litteraturen.



## 2.4 RESULTATENES GODHET

### Reliabilitet

Reliabilitet handler om hvor pålitelige data er (Euris og Furseth, 2012). Det er vanlig å undersøke hvorvidt uavhengige datakilder gir tilnærmet samme resultat, og det er slik man vurderer dataenes reliabilitet. Hvis kildene ikke er pålitelige vil de heller ikke være egnet til å kunne besvare problemstillinger. Høy reliabilitet betyr at en annen forsker skal kunne utføre samme undersøkelse og få de samme resultatene (Larsen, 2012). Sikring av høy reliabilitet er noe utfordrende for det gjelder kvalitative undersøkelser. Resultatene tolkes i større grad når de skal legges frem, enn ved bruk av kvantitative metoder. Ved bruk av intervju som metode er det fare for at intervjuobjektet påvirkes av situasjonen, noe som kan ha betydning for resultatene. Man kan forebygge lav reliabilitet ved å være nøyaktig i arbeidet med å bearbeide resultatene, å forsøke å behandle de så objektivt som mulig. Dette er etterstrebet i arbeidet med denne oppgaven.

Innenfor forskning er nøytralitet til temaet et ideal (Tjora, 2012), men dette er vanskelig å oppnå da de fleste forskere har et visst nivå av engasjement for temaet de forsker på. Dette engasjementet kan vurderes både som støy og som en ressurs for oppgaven. Det er dermed viktig å gjøre rede for hvordan forskerens engasjement kan påvirke resultatene. Da undertegnede har jobbet for Skanska flere somre på rad i forbindelse med studierelevant praksis, kan dette ha hatt en effekt på resultatene i empirien. Det har vært et ønske å fremstå som nøytral og objektiv i gjennomføringen av intervjuer, men det er ikke til å se bort fra at gode opplevelser hos bedriften kan, ubevisst, ha påvirket tolkningen av resultatene. Resultatdelen av oppgaven, kapittel 5 og 6, har allikevel vært forsøkt gjengitt direkte fra intervjuene, og så har disse resultatene senere blitt diskutert i kapittel 7.

Som nevnt i delkapittel 2.3.1, har høy reliabilitet i litteratursøkene vært forsøkt oppnådd ved å velge kilder basert på relevans, forfatters kredibilitet, utgivelsesdato og publiseringskanal. Å velge kilder basert på disse kriteriene øker sannsynligheten for høy reliabilitet (Euris og Furseth, 2012).

## **Validitet**

Validitet handler om hvorvidt informasjon er gyldig til å kunne anvende på valgt problemstilling (Tjora, 2012). Validitet i forskning er viktig da det er vanskelig å vite om kilden leverer det den lover, det er ikke mulig å bare anta at innsamlet informasjon er gyldig eller relevant (Euris og Furseth, 2012). Informasjonen man samler inn kan være pålitelig informasjon, men dette hjelper lite hvis den ikke er mulig å anvende til oppgaven. Man kan også ha vært for snever i datainnsamlingsmetodene slik at man har utelatt relevant informasjon. Det kan være enklere å samle inn data med høy validitet ved hjelp av kvalitative metoder enn kvantitative, da det er mer rom for å gå i dybden, stille ekstra spørsmål og liknende.

I intervjurundene har det vært mulig å stille tilleggsspørsmål til temaer som er interessante, og der det har vært nødvendig å samle inn mer relevant informasjon. Som tidligere nevnt ble det utarbeidet egne intervju spørsmål til personer som hadde mer teknisk kunnskap om 4D-planlegging. Denne fleksible prosessen har bidratt til at informasjonen som ble samlet inn er mer valid. Intervju som metode har gjort det mulig å samle inn informasjon på både forhåndsbestemte temaer, men også temaer som har dukket opp underveis i intervjuene. I dette tilfellet ønsket mange av intervjuobjektene å peke på helse, miljø og sikkerhet som et tema som ikke var forberedt på forhånd.

## **Resultatenes godhet oppsummert**

Oppgaven har blitt skrevet i samarbeid med Skanska. Det har dermed vært ønskelig å samle informasjon om hvordan implementering av VDC og 4D vil påvirke Skanska-prosjekter og eventuelt om Skanska skal fortsette med denne satsningen. Det at det kun har vært Skanskaansatte som har blitt intervjuet og Skanska-prosjekter som har blitt studert, kan ha påvirket resultatene. Om andre entreprenører hadde blitt intervjuet kunne oppgaven belyst en større bredde av erfaringer, og andre viktige punkter kunne ha dukket opp. Det er allikevel utfordrende å samle erfaringer om et verktøy, 4D, som befinner seg på et tidlig stadium i Norge. Erfaringer undertegnede har fått er at 4D er det få entreprenører som har tatt i bruk på svært få prosjekter. Basert på funn i litteraturen hadde det ideelle vært å reise til USA for å samle disse erfaringene, da bruken av 4D er mer utstrakt der.

## DEL 2 - TEORI



### 3. VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION

Dette kapitlet danner det teoretiske rammeverket om Virtual Design and Construction for oppgaven. Her vil ulike prinsipper og begreper belyses og diskuteres for at de empiriske resultatene kan vurderes og analyseres med bakgrunn i forskningslitteraturen.

#### 3.1 DEFINISJON

Stanford University - Center for Integrated Facility Engineering introduserte begrepet Virtual Design & Construction i 2001 (Kunz og Fischer, 2009). Definisjonen lyder som følger:

*“Virtual Design and Construction is the use of multi-disciplinary performance models for the design and construction of capital facilities”* (Khazode et al., 2006)

Definisjonen kan omtrentlig oversettes til: Virtual Design & Construction er bruken av tverrfaglige ytelsesmodeller i prosjektering og utførelse av næringsprosjekter. Begrepet ble utarbeidet som en løsning til en betydelig produktivitetsnedgang i byggebransjen de siste tiårene. VDC anses som en metode for byggebransjen å ta i bruk prinsippene bak Lean-filosofien gjennom å redusere sløsing og kostnader, samt øke produktiviteten (Alarcon et al., 2013). Forskerne ved CIFE mener at ved å utarbeide virtuelle modeller av produktet, organisasjonen og prosessen kan man identifisere eventuelle fallgruver i prosjektet før selve byggingen starter (Khazode et al., 2006). Tanken bak VDC er at data og informasjon skal deles mellom de ulike aktørene og deltakerne i et prosjekt på en raskere og mer effektiv måte (Kunz og Fischer, 2009). Dette skal gjøres ved hjelp av teknologiske verktøy, som muliggjør digital interaksjon. Ideen er at aktørene skal arbeide på en teknologisk plattform, der arbeid og endringer i prosjektet skal skje samtidig i plattformen. Et annet aspekt ved VDC er fokus på høyere grad av samhandling mellom de ulike aktørene. Høyere grad av samhandling i kombinasjon med teknologiske verktøy skal gi høyere forutsigbarhet i prosjekter.

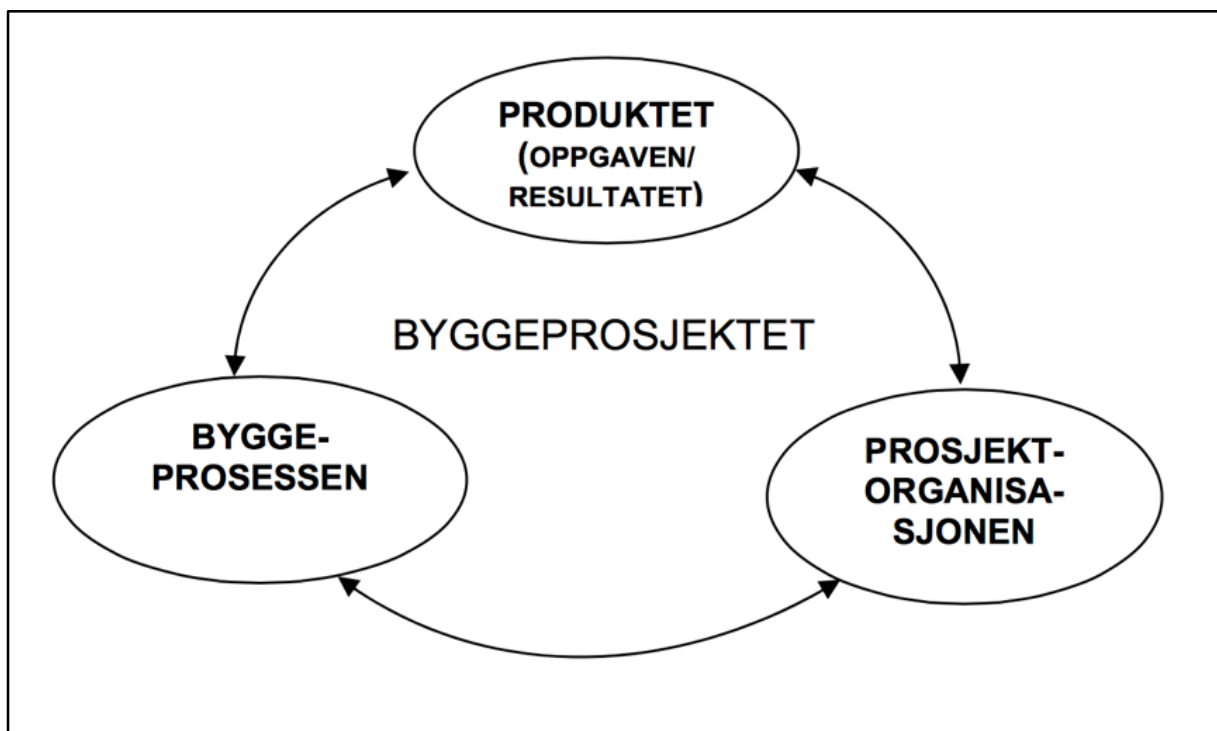
Bruken og omfanget av digitale hjelpemidler i byggebransjen må i fremtiden være tverrfaglige for å støtte opp under samarbeid og integrering av et byggeprosjekts mange disipliner (Fischer og Kunz, 2004). Disse digitale hjelpemidlene må også være i stand til å favne over både designet av produktet, prosjektorganisasjonen og selve prosessen med utførelse. Dette omfanget blir beskrevet av Fischer og Kunz som *integrert POP-design*, der POP står for produkt, organisasjon og prosess. Mer om POP nedenfor. Modellering, simulering, analysering, visualisering og evaluering av produkt, organisasjon og prosess understøttet av digitale hjelpemidler definerer begrepet Virtual Design and Construction.

Dagens måte å gjennomføre prosjekter på, herved kalt den tradisjonelle måten, inneholder allerede mange digitale hjelpemidler (Kunz og Fischer, 2009). Digitale hjelpemidler brukes ofte til å lage fremdriftsplanene som henger på veggene i et anleggskontor og ulike digitale programvarer er blitt benyttet til å tegne 2D-tegningene som brukes ute på byggeplassen. Men disse papirtrykte 2D-tegningene fører ikke til integrasjon av ulike fagdisipliner, og er ofte vanskelige å forstå for ufaglærte innenfor disiplinen. Brukere av et bygg er sjelden kompetente nok til å kunne forstå arkitekttegninger eller planer i form av Gantt-diagrammer. Som de tradisjonelle metodene, er også VDC-metoder databasert. Men i tillegg er de visuelle, interaktive og fleksible, ikke papir-baserte. De digitale hjelpemidlene er tilgjengelige for alle involverte aktører, og ideen er at de skal brukes direkte og sammen. CAD-modeller skal brukes direkte, og ikke gjøres om til 2D-tegninger som printes ut på papir, og fremdrifts- og prosjekteringsplaner skal lages sammen i møter. De digitale, visuelle hjelpemidlene bidrar til at flere interessenter, også de uten faglig kompetanse, forstår prosjektets omfang. VDC er et samlebegrep for et sett med metoder for å styre prosjektets ytelse og prosess.

### 3.1.1 PRODUCT, ORGANIZATION AND PROCESS - POP

Det er produktet, organisasjonen og prosessen som i følge Khanzode et al. (2006) skal modelleres virtuelt tidlig i prosjektet, for å kunne gjøre en vurdering på om prosjektet skal finansieres. Hensikten med POP-modellene er å kunne simulere og observere ytelsen i prosjektet for å vurdere levedyktighet og lønnsomhet. POP-modellen omfavner de tre viktigste faktorene VDC tar sikte på å støtte gjennom implementering av verktøy og metoder. En integrert, modellbasert tilnærming fører til at prosjektets ulike aktører får en bedre og tidligere forståelse av prosjektet. Dette mener CIFE er nødvendig for å endre en negativ produktivitetsutvikling i bransjen.

En prosjektleder kan kontrollere tre ulike aspekter av et prosjekt: designet av produktet som skal bygges, sammensetningen og styringen av organisasjonen som skal gjøre arbeidet og prosessen organisasjonen følger i løpet av prosjektet (Kunz og Fischer, 2009). Hvert av disse elementene har en definert mening. For eksempel er produktet det fysiske i byggeprosessen: vegger, dekker, søyler osv. Organisasjonen innebærer alle menneskene som er deltagende og hvordan disse kommuniserer seg i mellom. Prosessen defineres som aktiviteter, milepæler og planer. POP-modellen, illustrert i Figur 1, handler om hvordan informasjonen flyter innad i et prosjekt, og definerer ikke nødvendigvis spesielle metoder og verktøy. Allikevel finnes det en del metoder og verktøy som anbefales implementert i POP-modellens ånd.



FIGUR 1: PRODUKT, ORGANISASJON OG PROSESS (EIKELAND, 2001)

En variasjon av ulike metoder og verktøy er utarbeidet under VDC-begrepet (Khanzode et al., 2006), og inkluderer:

- Produkt: Visuelle 3D-modeller som bidrar til bedre forståelse blant prosjektdeltagerne for produktet som skal bygges. Gir mulighet til å se byggets helhet og hvordan det vil bli seende ut når det er ferdig. Kan brukes til å koordinere de ulike fagdisiplinene på en byggeplass, både i prosjektering og i utførelse.
- Produkt og prosess: 4D-modeller, som ikke bare visualiserer byggets tre dimensjoner, men som viser rekkefølgen bygget skal bygges i. Mer om 4D i kapittel 4.
- Organisasjon og prosess: For eksempel virtuelle team, VDT, som simulerer sammensetning og fordeling av mennesker som ressurser i planleggingsarbeidet.
- Digitale samhandlingsverktøy: Bruk av digitale verktøy i møtesammenheng, og bruk av digitale hjelpemidler dersom prosjektorganisasjonen befinner seg spredt, geografisk sett.
- Teknikker for å analysere effektiviteten i møter, slik at møtene holdes slik at man når et felles mål.

POP-modellens tre elementer tolkes, med denne teorien som grunnlag, for å være:

TABELL 6: POP-MODELLEN

<b>Produkt</b>	3D eller 4D-modeller
<b>Organisasjon</b>	Møtestrukturer og samhandling mellom aktører
<b>Prosess</b>	Planlegging av prosjektet



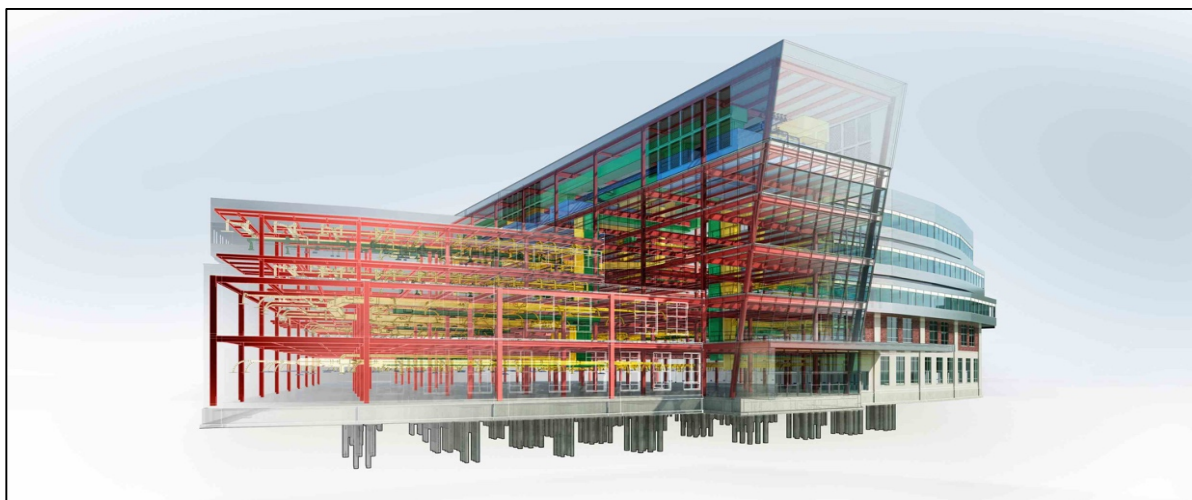
### 3.2 PRODUKTET - BYGNINGSINFORMASJONSMODELLER

Bygningsinformasjonsmodeller, heretter kalt BIM, er en digital og virtuell fremstilling av en bygning inkludert byggets fysiske og funksjonelle karakteristikk (Eastman et al., 2011). BIM blir også kalt for CAD-modeller der CAD står for *Computer-Aided Design*, altså dataassistert design på norsk. Forkortelsen BIM står for både bygningsinformasjonsmodell og bygningsinformasjonsmodellering. Her er førstnevnte et substantiv, *en modell* og sistnevnte et verb, *modellering*. En vanlig oppfatning er at BIM tilsvarer en 3D-modell av en bygning, men BIM begrenses ikke av 3 dimensjoner. En 3D-modell av et bygg kan omtales som en BIM, men BIM er ikke tilsvarende en 3D-modell. I følge Eastman et al. (2011) finnes det ingen begrensning for hva slags informasjon som kan legges inn i en BIM. Denne informasjonen kan kategoriseres i det som ofte beskrives som flere dimensjoner i modellen. I Tabell 7 presenteres noen de vanligst omtalte modellene og deres tilhørende informasjon.

TABELL 7: DIMENSJONER VED BIM

“Dimensjoner”	Informasjon
3D	Lengde, bredde og høyde. Slik vi ser objekter i våre 3 dimensjoner.
4D	3D + tid. I en 4D-modell legges fremdriftsplaner inn som informasjon.
5D	4D + kostnad. I en 5D-modell knyttes kostnader til ulike bygningselementer.
6D	5D + FDV. I en 5D-modell knyttes FDV-dokumentasjon til bygningselementer.

I en 3D-modell tegnes bygningene med korrekt geometri og data, slik at all nødvendig informasjon er tilgjengelig for dem som bruker modellen, se illustrasjon i Figur 2. Dette åpner for at en 3D-modell kan brukes til å hente ut informasjon om mengder, fks: hvor stort betongvolum som finnes i kjelleretasjen på et bygg.



FIGUR 2: ILLUSTRASJON AV 3D-MODELL (NTICAD.NO, 2016).

Da modellen er virtuell er det mulig å kontrollere og vurdere eventuelle konflikter før de oppstår i virkeligheten (Eastman et al., 2011). En av de aller største fordelene ved å bruke BIM fremfor todimensjonale tegninger er at det gjør det mye lettere å prosjektere og tegne alle fag i samme modell, for så å tilpasse løsninger ved eventuell krasj. Dette er en stor forandring fra den forrige generasjonen arbeidstegninger i 2D, der man har ulike tegninger for ulike fag; Bæresystem, råbygg, tømmer, elektro, VVS osv. I 3D-modellen kombineres alle fagene, og de prosjekterende jobber i samme modell. BIM bidrar til økt deltakelse fra interessenter, da denne virtuelle modellen krever mindre byggeteknisk kunnskap for å forstå (Bhatla og Leite, 2012). BIM bidrar også til økt samhandling mellom prosjekterende og utførende aktører i byggeprosessen.

I sammenheng med VDC menes forutsigbarhet her med kontroll over prosjektets helhet, kostnader, tidsbruk og eventuelle konflikter, samt det å kunne se lenger frem i prosjektspennet. Den virtuelle modellen av produktet muliggjør det å finne og forstå mulige fallgruver og konflikter i prosjektet før de oppstår i virkeligheten, også før man eventuelt finansierer utførelsen av prosjektet (Khanzode et al., 2006). Å finne problemene virtuelt gjør det mulig å løse problemene tidlig, slik at dette ikke går på bekostning av fremdrift eller kostander. Dette anses som svært attraktivt, da ombygging av allerede bygde løsninger kan bli svært kostbart (Kunz og Fischer, 2009). Når det gjelder tekniske løsninger bidrar BIM til å kunne analysere ulike rekkefølger og alternative løsninger for å luke ut logistikkproblemer (Bhatla og Leite, 2012). Dette er svært relevant i prosjektering av tekniske fag; VVS og elektro. Dette kalles på norsk krasj-kontroll. Da undersøkes det i modellen om prosjekterte løsninger for de ulike fagene kommer i konflikt med hverandre.

### **åpenBIM**

BuildingSmart regnes som en nøytral og ikke-kommersiell fagorganisasjon som jobber for økt og mer åpen bruk av BIM i byggebransjen (BuildingSmart Norge, 2010). BuildingSmart har avdeling i flere land, og en av disse avdelingene er BuildingSmart Norge. De jobber med å utarbeide standarder for bruk av BIM som skal bidra til at verktøyene blir mer tilgjengelig for flere brukere. Ett av tiltakene BuildingSmart har gjort er å utarbeide rammeverket åpenBIM, som består av tre deler:

- En datamodell (IFC)
- En dataordbok (IFD)
- En prosessbeskrivelse (IDM)

IFC er et filformat, og ideen bak dette filformatet er å ha et universelt filformat som kan leses uavhengig av hvilken programvare som er benyttet for å lage BIM-en (BuildingSmart Norge, 2014). En IFC-fil skal kunne leses av et hvilket som helst visualiseringsprogram. De ulike prosjekterende lager egne modeller av sine fagområder i sine CAD-programmer. Disse filene skal deretter eksporteres til en ifc-fil som samles i et visualiseringsprogram, der alle de ulike modellene samles til én modell. Ifc-formatet muliggjør en jevn informasjonsflyt mellom alle aktørene i et byggeprosjekt.

### 3.3 ORGANISASJONEN - MØTESTRUKTUR

VDC samler mange ulike fagdisipliner og aktører i løpet av et prosjektpenn. De ulike interessentene har ulike behov og interesser innfor områder som arkitektur, prosjektering, utførelse eller finansiering, som igjen bidrar med ulike perspektiver i et prosjekt. Samlingen av alle aktørene med ulik kunnskapsbakgrunn og ulike interesser for prosjektet fører til hindringer når det kommer til effektivt samarbeid. Dette er hindringer av typen ulikt arbeidsvokabular, ulike arbeidsmetoder og mangel på erfaring med samhandling. Artikkelen *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions* anbefaler Integrated Concurrent Engineering som en metode for å styre organisasjonsdelen av POP-modellen.

Konseptet Integrated Concurrent Engineering, ICE, ble utviklet av NASA på midten av 1990-tallet (Knotten og Svalestuen, 2014). Allerede da ble det gjort forsøk på å avholde møter med fokus på å involvere flere av prosjektets aktører for å forbedre kommunikasjon av prosjektinformasjon. ICE kan omtrentlig forstås som integrert og samtidig ingeniørarbeid. ICE ble utviklet for å øke effektiviteten og kvaliteten i et romfartsprosjekt ved å oppfordre til høy grad av samhandling innad i prosjektet. Hovedtanken bak ICE-møter er å ha et klart mål for møtet, for så å jobbe mot å nå dette målet ved slutten av møtet. En annen tanke ved ICE-metodikken er at det skal stilles krav til aktiv deltakelse fra alle på møtet gjennom å bruke digitale verktøy som man må jobbe sammen i. ICE-metodikken er svært effektiv for å ta i bruk de andre VDC-verktøyene, som for eksempel bruk av BIM og Last Planner System (Kunz og Fischer, 2009). På CIFE så de tidlig at effekten av å ta i bruk ICE-metodikken var forbedret samhandling i prosjektgruppa. VDC-metodene med visualisering og digitalisering bidrar til en mer effektiv kommunikasjonsmåte for et bredere spekter av aktører og interessenter.

På ICE-møtet tas det i bruk digitale verktøy, for eksempel store skjermer, der man kan arbeide i prosjektets digitale plattform sammen (Kunz og Fischer, 2009). Møterommet med disse digitale verktøyene kalles i litteraturen ofte for iRoom eller BigRoom. Ved å bruke samme digitale plattform kreves det ikke at alle deltagere befinner seg på samme geografiske plass. ICE-metodikken har som hensikt å fjerne aktiviteter som er ikke-verdiskapende gjennom å konstruere klare mål for hvert møte. ICE-metodikken bidrar til at man kan planlegge med Last Planner-metoden og arbeide i BIM-verktøyene på samme sted med alle involverte aktører. I møtene fokuseres det på at man skal gjøre eventuelle avklaringer i selve møtet, og ikke i etterkant av dette, og at hver enkelt deltager etterspør den viktig informasjon, og ikke venter på at andre skal legge frem denne informasjonen uoppfordret. En illustrasjon av hvordan et ICE-møte kan se ut finnes i Figur 3.



FIGUR 3: ILLUSTRASJON AV ET ICE-MØTE (DLR.DE, 2016).

### 3.4 PROSESSEN - PLANLEGGING

Så lenge det har eksistert prosjekter, har vi planlagt både tids- og ressursbruk. Hvor omfattende man har planlagt prosjekter har også variert veldig fra enkle håndskrevne notater, til å ta i bruk mer avanserte teknikker og verktøy. Det er allikevel først de siste 50 årene at det har blitt utviklet kvalitative metoder for prosjektanalyse og -planlegging, særlig metoder som tar i bruk digitale verktøy. Denne utviklingen har vært uunngåelig på grunn av den økende kompleksiteten i byggeprosjekter.

*I litteratursøk blir The Last Planner System mye omtalt i forbindelse med VDC og bruk av BIM, og som vi senere skal se i resultatdelen, er det denne metoden som benyttes i VDC-prosessen til Skanska. Det er derfor denne metoden blir utdypet her.*

#### **The Last Planner system**

The Last Planner System ble introdusert av Ballard og Howell på 1980-tallet, med Lean-tankegang som grunnlag (Mossman, 2013). The Last Planner System, heretter forkortet LPS, er et rammeverk for planlegging og kontroll av prosjekter (Ballard, 2000). I hovedsak er LPS en aktivitetsbasert planleggingsmetode, hvilket vil si at man planlegger aktivitetene som skal utføres i motsetning til lokasjonen de skal utføres på. Kort beskrevet går planleggingen ut på at man skal planlegge prosjekter bakfra ved å starte ved en milepæl og deretter redegjøre for hvilke aktiviteter som må være gjort for at denne milepælen skal være nådd.

Tradisjonelt har byggeprosjekter blitt planlagt ved hjelp av det som blir kalt push-systemer (Ballard, 2000). Det innebærer at man introduserer ressurser inn i produksjonssystem basert på kommende tidsfrister. Et eksempel på dette kan være at man går til innkjøp av store mengder materialer til oppstarten av tømmerarbeid, hvor man har datoen for oppstart fra hovedfremdriftsplanen. Motsetningen til et push-system er et pull-system. I pull-systemet introduseres de samme ressursene når det er kommunisert at de er nødvendige og at systemet har kapasitet og mulighet til å ta i bruk ressursene. LPS blir til et pull-system gjennom bakoverplanleggingsprosessen. Ved at man starter ved en milepæl og identifiserer hva som er nødvendig for at milepælen skal være nådd drar man (pull) ressursene inn i systemet. En av de største forskjellene fra tradisjonell planlegging er at det er hver enkelt utførende som planlegger sitt eget arbeid (Bhatla og Leite, 2012). Her må hver enkelt kommunisere hva de trenger fra foregående aktivitet, slik at alt skal være klart til oppstart. Last Planner-metoden krever at de utførende og de som leder prosjektet snakker sammen om hva som kreves av eventuelle materialer, maskiner, plass, tid, og arbeidskraft i riktig grad av detaljering. Ved å ta i bruk denne metoden ansvarliggjøres hver enkelt utførende i større grad enn ved at en prosjektleder planlegger arbeidet for hele prosjektet alene. Da Last-Planner-metoden krever involvering av prosjektets ulike aktører bidrar det til at alternative gjennomføringsmåter blir presentert, slik at man kan angripe problemer ved å se dem fra ulike synsvinkler (Seppänen et

al., 2015). En Last-Planner-plan bidrar også til at man klarer å se lenger frem i prosjektspennt, da man starter planleggingen fra siste aktivitet.

I Last Planner systemet opererer man med planer på 4 ulike nivåer (Ballard, 2000):

- Milepælsplan
- Faseplan
- Utkviksplan
- Ukentlig arbeidsplan

Milepælsplanen er ofte lik, eller svært lik prosjektets hovedfremdriftsplan (Ballard, 2000). Den blir utarbeidet tidlig i prosjektet og er ofte å finne i kontrakten. Den inneholder de store gjøremålene og viktigste milepælene i et byggeprosjekt, for eksempel grunnarbeid, råbygg, innvendige arbeider ol. Faseplanen er en mer detaljert plan for hver fase av byggeprosjektet. Der milepælsplanen inneholder milepælene for de ulike fasene i byggeprosjektet vil faseplanen beskrive og inneholde aktivitetene for å nå milepælen. Utkviksplanen vil være en enda mer detaljert plan for prosjektet og kan spenne over alt fra 3-12 uker, avhengig av prosjektets størrelse og tilgjengelig informasjon og ressurser. Det er på dette nivået at arbeidet som skal utføres brytes ned i aktiviteter og arbeidspakker. Aktivitetene skal være sunne på den måten at alt som skal til for å kunne utføre aktivitetene er på plass før arbeidet starter opp. Tilknyttet arbeidspakkene vurderes hvilke ressurser som er nødvendige, det være arbeidskraft og materialer, og hvordan selve arbeidet skal gjennomføres. Man ser her fram i prosjektspennt og identifiserer hvilke hindringer man vil kunne møte på, for deretter å forsøke å fjerne disse hindringene før arbeidene skal begynne. LPS tar sikte på å planlegge arbeid på en slik måte at man utnytter kapasiteten til hele systemet til enhver tid. De ukentlige arbeidsplanene lages ofte for en uke om gangen. Som nevnt ovenfor er det her de utførende selv planlegger eget arbeid. Det starter ved at man bestemmer hva som skal være gjennomført i løpet av uken og deretter hvilke aktiviteter som leder frem til dette målet. Planen må inneholde informasjon om hvem skal utføre arbeidet, når det skal utføres, hvor det skal utføres, hva som skal gjøres og hvilke materialer og verktøy som er nødvendig for å få utført arbeidet. Det er også nyttig å planlegge et alternativ for arbeideren dersom man skulle møte på en hindring, slik at arbeideren alltid har arbeid å utføre.

De ulike planene som utarbeides med LPS lages på store ark med rutenett, der Post-It-lapper festes på for å representere aktivitetene (Bølviken et al., 2015). De ulike Post-It-lappene til de ulike fagene har forskjellige farger. På denne måten blir planen lettere å forstå, den er visuell, den er tilgjengelig og den er lett å endre. Det er viktig å understreke at LPS handler om kontinuerlig forbedring og bruken at av det er en iterativ prosess for å bli bedre.

### **Virtual Design Team**

En digital planleggingsmetode som blir beskrevet av Fischer og Kunz (2004) er Virtual Design Teams. Målet med et VDT er, ved hjelp av et digitalt verktøy, lage en datamodell av prosjektets arbeidsflyt og organisasjon der alle deltagende mennesker legges inn i modellen som ressurser. Modellen tar utgangspunkt i en fremdriftsplan, der alle aktiviteter er linket til hverandre i logisk sammenheng. Alle mennesker som legges inn i modellen tildeles en funksjon eller faglig kompetanse. Ideen er da at modellen skal lage den mest gunstige fremdriftsplanen som er mulig ved å allokere og koble mennesker med en viss kompetanse til ulike aktiviteter i en gjennomførbar rekkefølge.



## 4. 4D

Dette kapitlet tar sikte på å belyse og kartlegge begrepet 4D i bygningsmodellering. I litteraturen finnes det ulike tolkninger og nyanser av begrepet 4D, og tolkningen som brukes videre i denne oppgaven vil bli understreket. Ulike 4D-verktøy vil presenteres og sammenhengen mellom 4D og VDC vil belyses. For å begrense oppgavens omfang, vil ikke de tekniske aspektene ved 4D utdypes i stor grad. De vil kun beskrives i den grad det anses som nødvendig for å forstå begrepet og bruken av 4D-programvare.

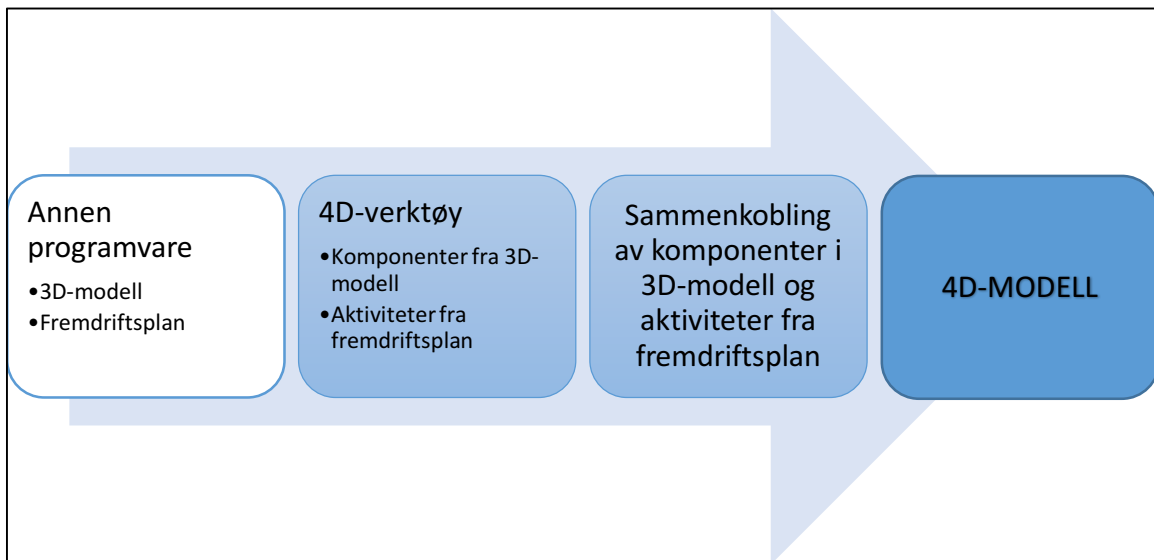
### 4.1 DEFINISJON

4D betyr i de aller fleste sammenhenger 4 dimensjoner, også i denne sammenhengen. En 4D-modell er en tredimensjonal CAD-modell koblet sammen med den fjerde dimensjonen, tid (Basu, 2007). En 4D-modell kobler komponenter i en 3D-modell med aktiviteter fra prosjekterings-, innkjøps- og produksjonsplaner (Fischer og Kunz, 2004). Den resulterende 4D-modellen gjør at involverte aktører får muligheten til å se, ikke bare en 3D-fremstilling av et bygg, men også rekkefølgen de ulike komponentene av bygget skal oppføres i. Begrepet 4D-modell, i sammenheng med byggebransjen, har eksistert i over 20 år (Basu, 2007), men i de tidligere årene av begrepets eksistens var dette en utfordring. Utfordringene var knyttet til å lage 3D-modellene digitalt. Disse utfordringene har blitt løst med årenes løp ved at ny og bedre teknologi har gjort 3D-modellering lettere, og dermed også 4D-modellering lettere. Nye plattformer og ny programvare har bidratt til at 4D-modellering har blitt mer tilgjengelig og aktuelt. Dette har også bidratt til at flere muligheter har åpnet seg hva gjelder type informasjon man kan legge inn i en 4D-modell. Dagens programvare gjør at det er mulig å lage flerdimensjonale modeller raskere og mer nøyaktig enn tidligere, og en digital tvilling av et bygg, før bygget selv eksisterer, kan bidra med å luke ut konflikter og kollisjoner tidlig i et prosjekt (Fischer og Kunz, 2004).

En flerdimensjonal modell av et bygg minimerer risikoen for misforståelse knyttet til hva som skal bygges, i motsetning til 2D-tegninger (Jongeling og Olofsson, 2007). En flerdimensjonal modell kan inneholde mer informasjon, enn 2D-tegninger. Dette bidrar til forenklet kommunikasjon mellom utførende, prosjekterende og leverandør når man kan se en visualisering av bygget samtidig som man planlegger arbeid og materialleveranser. 3D og 4D-modeller bidrar til høyere grad av involvering av aktører ved å implementere disse aktørenes kunnskap i prosjektering, planlegging og organisering (Fischer og Kunz, 2004). Aktørene kan også bidra til bedre koordinering i prosjektets ulike faser og livssykluser.

## 4.2 DEN FJERDE DIMENSJONEN

Den fjerde dimensjonen i 4D er tid (Basu, 2007). 4D-modellering går ut på å koble de ulike bygningselementene i en digital 3D-modell sammen med de ulike aktivitetene i en fremdriftsplan. For å gjøre dette arbeidet kreves en 4D-programvare. 3D-modellen og fremdriftsplanen importeres inn i denne programvaren, og her utføres 4D-modelleringen. Prosessen illustreres i Figur 4 nedenfor.



FIGUR 4: PROSESSEN I 4D-MODELLERING (REDMAN, 2017).

## Bruk av og fordeler med 4D-modell

Bruk av 4D-modeller påvirker flere aspekter ved et prosjekt (Basu, 2007), og disse gir effekter på prosjektet. Nedenfor, i Tabell 8, presenteres noen av disse aspektene og virkningene 4D-modeller og planlegging i 4D har.

TABELL 8: VIRKNINGER VED BRUK AV 4D-MODELL (BASU, 2007).

Aspekt ved prosjekt	Virkninger ved bruk av 4D-modell
Visualisering	En fordel for kunder og interessenter uten teknisk kunnskap fra byggebransjen. En 4D-visualisering gir økt forståelse for prosjektets omfang, kompleksitet og byggetid.
Kommunikasjon	God kommunikasjon er essensielt i et vellykket prosjekt. Visualiseringen av en 4D-modell bidrar til at det er lettere å kommunisere rundt modellen, da bygget blir lettere å forstå. I tillegg er en digital modell lettere å kommunisere til et større publikum gjennom internettløsninger.
Planlegging tidlig i prosjektet	4D-modellen er svært aktuell for komplekse prosjekter, der koordinering av aktører og planlegging av logistikk og riggplass er en utfordring. Ved å kunne visualisere og kommunisere dette i 4D blir jobben noe lettere. Verktøyet kan brukes til å koordinere ressurser og feilsøke for å finne logiske brister i fremdriftsplanen.
Samarbeid, planlegging og byggbarhet	De største fordelene med 4D-modellering er å finne i forbedret kommunikasjon og samarbeid mellom aktører, krasjkontrollering av både prosjektet materiale og fremdriftsplaner og inkludering av byggeplasslogistikk i planlegging.
Uenigheter og tvister	Ved uenigheter bidrar en 4D-modell til bedre forståelse av problemet og lettere løsning av uenigheter ved hjelp av de visuelle virkemidlene en 4D-modell har.

En 4D-modell gir fremdriftsplanleggeren "et sete på første rad" når det kommer til oversikt over byggeplassen (Basu, 2007). Planleggeren kan raskt manøvrere seg rundt på den virtuelle byggeplassen, zoome inn og kikke på detaljer og zoome ut for å se helheter. Den visuelle tilbakemeldingen man får av programvaren tvinger planleggeren til å planlegge mer nøyaktig og samtidig ta hensyn til byggeplasslogistikken.

4D-modeller kan være gunstige å bruke i de ulike faser av prosjektet av følgende grunner (Fischer og Kunz, 2004):

*Ved oppstarten av prosjekteringsfasen*

- Lage ulike alternativer for gjennomføring raskt. Særlig attraktivt for prosjekter som skal være delvis i drift under bygging. Da kan man bruke programvaren for å illustrere for kunden de ulike måtene man kan flytte rundt på operative områder. Her er input fra involverte aktører særlig viktig, da bygget skal brukes av disse aktørene underveis i prosjektet. 4D-modellen kan dermed brukes til å informere de som skal jobbe i bygget om hvor det vil foregå arbeider, og hvilke deler av bygget som vil være åpent.
- Lage ulike alternativer for gjennomføring av prosjekter som befinner seg i umiddelbar nærhet til bymiljø, der byggeplassen er trang. Ulike alternativer kan bidra til at man finner den beste logistiske løsningene, ikke bare for de involverte i byggingen, men også for de som blir berørt.
- I 4D-modeller er det mulig å legge inn informasjon om bygget livssyklus og vedlikeholdsbehov. En modell med denne informasjonen kan videreføres til kunden slik at kunden har all drifts- og vedlikeholdsinformasjon samlet i én digital modell.

*Underveis i detaljprosjektering og tidlig utførelsesfase*

- 4D-modeller kan brukes til fremdriftsplanlegging og koordinere underentreprenører og leverandører for å gjøre disse mer produktive.
- Modellene kan brukes for å tilpasse og forbedre utførelsesfasen slik at man stadig forbedrer gjennomføringen av prosjektet.

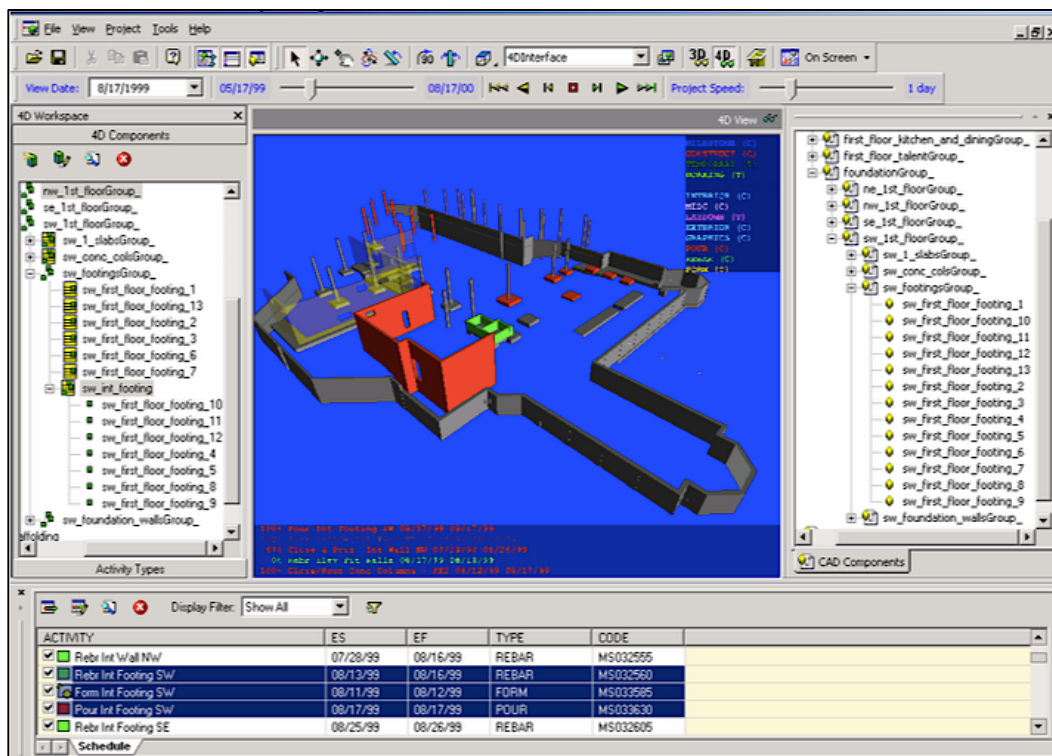
*Ved ferdigstilling og starten av bruksfasen for bygget*

- 4D-modellen med drift- og vedlikeholdsinformasjon kan brukes til å trene opp de som skal gjøre dette og med dette gjøre oppstarten av driften mer produktiv.
- 4D-modeller med livssyklusinformasjon gjør at det er mulig å planlegge fremtidige vedlikeholdsaktiviteter og budsjettere for disse.

4D-modellen brukes ikke bare til å visualisere rekkefølgen et bygg skal bygges i. Den kan også brukes til å illustrere hvordan arbeidsflyten til de ulike aktørene på prosjektet vil se ut (Fischer og Kunz, 2004). Ved å bruke 4D-modellen i møter og planlegging sammen med de utførende kan man fastslå om rekkefølgen er logisk, praktisk og gjennomførbar. I en slik møtesetting vil de utførende kunne komme med viktige tilbakemeldinger om byggeplasslogistikk, materialleveranser, byggbarhet og aspekter knyttet til sikkerheten på byggeplassen. Ved å planlegge sammen med de som er involvert vil man få en bedre og mer realistisk plan.

#### 4D brukergrensesnitt

Det finnes ulike typer kommersiell programvare som kan brukes til 4D-modellering (Fischer og Kunz, 2004). Brukergrensesnittet i denne programvaren gjør at den som modellerer, ofte den samme personen som planlegger i prosjektet, kan organisere, koble og se prosjektets helhet på en visuell og illustrativ måte. Programvaren strukturerer informasjonen om prosjektet hierarkisk, noe som gjør det lett å manøvrere i den, man kan se hele bygget, eller man kan begi seg ut i detaljerte elementer av bygget. I brukergrensesnittet finnes det svært mange valgmuligheter for hvilken informasjon som skal vises. Man kan velge å se utført arbeid, ikke utført arbeid, ett fags tilhørende aktiviteter, kun betongelementer osv. Brukergrensesnittet er også utformet slik at koblingen mellom 3D-elementer og aktiviteter fra fremdriftsplan gjøres på en intuitiv måte. Den resulterende 4D-modellen gjør det enkelt for alle involverte aktører å se og forstå fremdriftsplaner raskt.



FIGUR 5: ILLUSTRASJON AV BRUKERGRENSESNITT I 4D-PROGRAMVARE (FISCHER OG KUNZ, 2004).

Da Walt Disney skulle bygge et hotell i Anaheim i California, laget Walt Disney Imagineering og Stanford CIFE et 4D-verktøy for bruk på dette prosjektet (Fischer og Kunz, 2004). En illustrasjon av brukergrensesnittet for dette programmet kan man se i Figur 5. Dette brukergrensesnittet består av flere elementer; lister over aktiviteter fra fremdriftsplanen, en tidslinje, en liste over de ulike komponentene fra 3D-modellen, elementene i 4D-modellen og den resulterende 4D-modellen. Når 4D-modellen er laget, altså bygningselementer er koblet mot aktiviteter, kan man bruke tidslinjen for å navigere seg frem og tilbake i byggeprosessen. Tidslinjen kan sees øverst i figuren, og man kan orientere seg frem og tilbake i tid på ulike måter. Dette kan gjøres ved å velge dato eller trykke Play, og tiden spilles av som på en film. Man kan også bestemme

tidsintervallene 4D-modellen skal vises i, om det er utførte arbeider per dag, uke eller måned. Fremdriftsplanene kan importeres inn i 4D-verktøyet fra programmer som Microsoft Project eller Primavera Project Planner (Fischer og Kunz, 2004), og aktivitetene fra disse planene synes nederst i brukerflaten. Dette er alle aktivitetene som må utføres for at bygget skal bli ferdig. Her kan man trykke på en aktivitet og se hvilket element den er knyttet til. Allikevel kreves det tilrettelegging av fremdriftsplanen (Basu, 2007). For eksempel: På en 3D-modell vises typisk et betongdekke som ett element, og i fremdriftsplanen vises dette som én aktivitet. For at man skal kunne visualisere rekkefølgen betongen skal støpes i, må både elementet og aktiviteten deles opp i mindre deler. Figur 5 og denne programvaren er kun ett eksempel på hvordan et 4D-modelleringsverktøy kan brukes, og hvordan brukergrensesnittet vil se ut. Tanken bak innholdet i dette programmet er allikevel å finne i andre liknende verktøy. Et utvalg av ulike typer 4D-verktøy blir presentert i kapittel 4.4. Dersom 4D-verktøyet er laget på en slik måte at det er lett å lære seg, og lett å bruke, vil det også være lettere å bruke modellen aktivt i hverdagen og holde den oppdatert.

### 4.3 VDC OG 4D

I dette kapitlet kartlegges bruk av 4D-modeller som ett av verktøyene under begrepet VDC, og bruk av 4D-modeller sammen med andre VDC-metoder og -verktøy.

#### **Fordeler ved bruk**

Bruk av 4D-modeller bringer sammen en tverrfaglig gruppe av aktører og bistår dem i å forstå prosjektets omfang og planer tidlig (Fischer og Kunz, 2004). Dette er i ånd av VDC-begrepets definisjon som bruk av digitale hjelpemidler for å understøtte bedre organisering og planlegging av prosjekter. 4D-modeller bidrar med å forbedre prosjektutførelsesstrategien, fasiliterer kontinuerlig forbedring for bedret produktivitet på byggeplassen og muliggjør rask identifisering og løsning av problemer som oppstår i både tid og rom. Det er bekreftet at 4D-modeller er særlig til hjelp på prosjekter med mange interessenter, prosjekter som skal være under delvis drift i byggeperioden og prosjekter i trange bymiljøer. Ved å forbedre kommunikasjonen i prosjekter vil omgjøringer og feil i produksjonsunderlag reduseres. På Walt Disney-prosjektet i California så de at 4D-modellering bidro til at produktiviteten økte og tiltroen til både planene og prosjektteamet var forbedret.

Når ansatte på et byggeprosjekt, herunder prosjektledere, anleggsledere, byggherrer, planleggere, formenn ol., tenker på et byggeprosjekt de skal i gang med, ser mange for seg en mental 4D-modell (Fischer og Kunz, 2004). Det vil si at når man ser for seg hvordan er bygg skal bygges lager man seg en mental film av rekkefølgen skal bygges i. Av denne grunn vil de deltagende på et prosjekt finne det lett å ta i bruk en 4D-modell. Når de involverte på et prosjekt jobber sammen for å planlegge fremdriften i et prosjekt handler det mye om å finne ut i hvilken rekkefølge aktiviteter skal gjøres. Ved hjelp av 3D og 4D har de involverte aktørene sammen kunnet lage ulike alternativer til fremdrift og deretter kunnet beslutte en endelig løsning.

#### **Erfaringer**

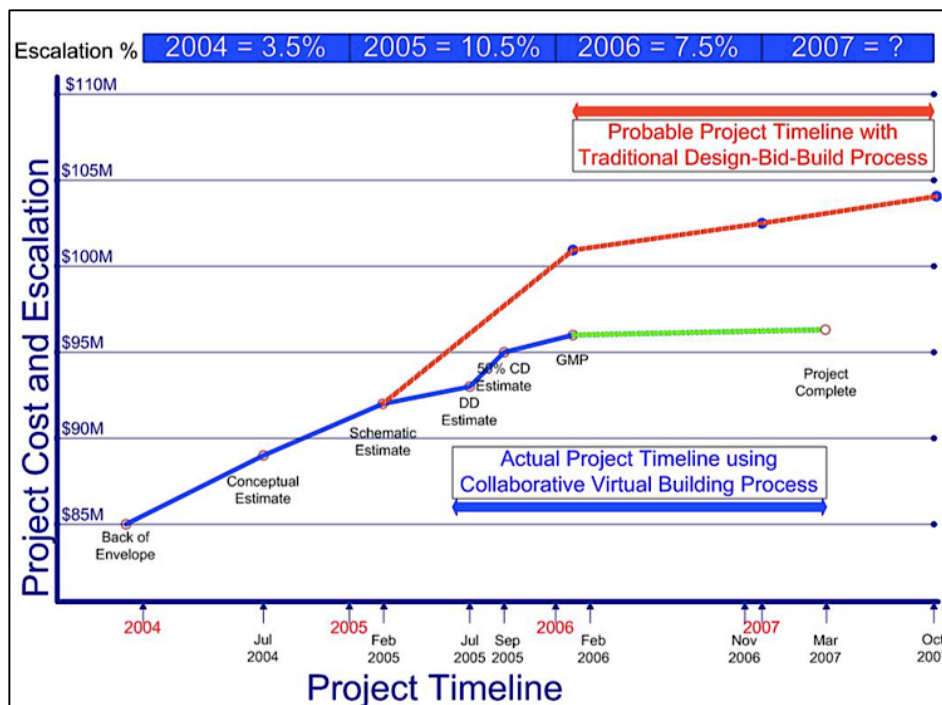
De digitale hjelpemidlene som er 3D og 4D-modeller sammen med de samhandlene metodene som finner sted i et ICE-møte er veldig aktuelle å anvende på prosjekter der utførelsen og koordineringen av de tekniske fagene, VVS og elektrisk, er kompleks (Khanzode et al., 2008). Et eksempel på et slikt prosjekt er et sykehusbygg bygget for Camino Medical Group i California USA. På dette prosjektet ble VDC-metoder og -verktøy benyttet, og herunder de digitale hjelpemidlene 3D og 4D-modeller. På dette prosjektet ble både projekteringsplaner og fremdriftsplaner for VVS og elektro fag laget i samarbeid med entreprenør, rådgivere, arkitekt og underentreprenører for disse fagene. Disse planene ble laget ved hjelp av The Last Planner system for at alle involverte skulle føle eierskap og forpliktelse til planene. De ulike fagene ble koordinert i en digital samlemodell for å kunne gjennomføre krasjkontroll. Løsning av eventuelle konflikter ble gjennomført på ICE-møtene i det prosjektorganisasjonen kalte et Big Room. Disse rommene var innredet for at de involverte kunne jobbe sammen i de digitale modellene.

## Erfarte fordeler

Bruken av VDC-metoder og 3D/4D-modeller resulterte i mange fordeler for prosjektet for Camino Medical Group sitt sykehusprosjekt (Khanzode et al., 2008). Nedenfor presenteres de fordelene og erfaringene prosjektteamet satt igjen med etter at prosjektet var ferdig.

### Fordeler for eier

- Underveis i byggingen brukte prosjektteamet svært liten tid på å etterspørre manglende informasjon. Informasjonsflyten og kommunikasjonen i prosjektet var så god at de i prosjektteamet sjelden manglet relevant informasjon.
- Underveis i byggingen unngikk prosjektteamet å måtte håndtere feil og omgjøringer. Krasjkontrollene som ble gjort i 4D-modellen bidro til at det sjelden ble bygget feil slik at det ble gjennomført få omgjøringer ute på byggeplassen, konfliktene ble løst lenge før de ble bygget.
- Prosjekteieren besluttet at de digitale hjelpemidlene og VDC-metodene skal brukes på deres fremtidige prosjekter. Det i seg selv understreker at denne implementeringen ble oppfattet som en suksess.
- Eieren av prosjektet er nå i besittelse av den digitale modellen av bygget. Denne brukes som informasjonsgrunnlag i den daglige driften av bygget. Modellen oppleves som mye lettere i bruk enn 2D-tegninger som eieren benyttet tidligere.
- Prosjektteamet sammenliknet denne måten å arbeide på med deres tradisjonelle måte å gjennomføre prosjekter på. Figur 6 viser hvor mye penger og tid prosjektteamet antok at de sparte. Som man ser av figuren var tidsbesparelsen på 6 måneder og de sparte omtrent 9 millioner USD.



FIGUR 6: KOSTNAD OG TIDSBRUK PÅ CMG-SYKEHUSPROSJEKT (KHANZODE ET AL, 2008).



#### *Fordeler for arkitekt og rådgivende ingeniører*

- Arkitektene og rådgiverne brukte vesentlig mindre tid på å løse prosjekteringsfeil og konflikter underveis i utførelsesfasen, da disse var luket ut tidligere i prosjekteringsfasen.

#### *Fordeler for entreprenør*

- De ansatte hos entreprenøren brukte mer tid på å lage gode planer enn det de har erfart fra tidligere. Årsaken til dette var at det oppstod færre problemer ute på byggeplassen enn hva entreprenøren har erfart.
- På prosjektet ble det kun registrert én skade i sammenheng med utførelse av VVS og elektro, sammenliknet med USAs nasjonale gjennomsnitt på 8 skader for samme antall arbeidstimer (203 448 timer). Anleggsleder på prosjektet tilskriver dette resultatet til forbedret arbeidsflyt på grunn av bruk av 4D-modellen.
- Entreprenøren var i stand til å holde byggeplassen ryddig og oversiktlig da mye av arbeidet ble utført utenfor byggeplassen, og materialene kom prefabrikkert til byggeplassen. Prefabrikasjonen ble muliggjort av å bruke 4D-modellen for å identifisere hva som kunne leveres til byggeplassen halvveis installert og i hvilken rekkefølge dette skulle ankomme.

#### *Fordeler for underentreprenører*

- Underentreprenørene som leverte VVS- og elektroinstallasjoner hadde mer kunnskap om prosjektets helhet enn hva de vanligvis opplever, da de ble involvert i prosjektet på et tidlig stadium. Avtaler og enigheter de ulike fagene tidligere har gjort ute på byggeplassen ble i dette prosjektet gjort i prosjekteringsfasen, som bidro til mer effektiv produksjon.
- Alle de ulike fagene innen for VVS og elektro fullførte sitt arbeid enten tidligere enn planlagt eller til planlagt tid.
- Svært mange av installasjonene var mulig å prefabrikere på grunn av en ferdig krasjkontrollert 3D-modell.
- Underentreprenørene erfarte at de kunne benytte seg av arbeidskraft med mindre kunnskap og erfaring enn på prosjekter der det kreves mer kunnskap for å tolke 2D-tegninger.
- Underentreprenørene opplevde kraftig reduksjon i omgjøringer på byggeplassen, da 3D og 4D-modellen var krasjkontrollert i forkant av utførelsen.

#### 4.4 4D-VERKTØY

I dette delkapittelet presenteres noen utvalgte kommersielle verktøy og programvare som tilbys til bransjen i dag.

##### **Synchro Software**

Synchro Software tilbyr en bred plattform av ulike programmer tilpasset bygg- og anleggsprosjekter som ønsker å ta i bruk VDC- og 4D-verktøy (Synchroldt.com, n.d.). Verktøyene tilbyr kunden muligheten til å lage 4D-planer, lage fremdriftsplaner med integrert tids- og ressursfordeling, lage ulike alternativer for fremdrift og kostnadsestimere prosjekter. Synchro tilbyr programmer og applikasjoner som er tilpasset til smarttelefoner og nettbrett slik at fremdriftsoppfølgingen kan skje kontinuerlig ute på byggeplassen.

##### **Autodesk Navisworks Timeliner**

Autodesk Navisworks er programvare som brukes som visningsprogram for 3D-modeller (Autodesk, n.d.). 3D-modellene er laget i CAD-programmer, som for eksempel Autodesk's eget AutoCAD. Timeliner er et verktøy der man kan sammenkoble 3D-modellen med en plan og simulere fremdrift. Dette gjør at det er mulig å sammenlikne planlagt fremdrift mot faktisk fremdrift. Kostnader kan også knyttes til 3D-modellen.

##### **Vico Office Suit**

Vico tilbyr programmer for 5D-modellering av bygg, der 5. dimensjon er kostnadsestimering av prosjektet (Vico Software, n.d.). Vico tilbyr muligheten for å kunne importere svært mange ulike filformater fra ulike typer CAD-programmer. Vico er også tilpasset for å kunne anvendes til lokasjonsbasert planlegging. Sammenliknet med Synchro og Autodesk sin programvare for 4D-planlegging legger programvaren fra Vico mye vekt på å kunne legge inn kostnadsinformasjon i modellen.

## DEL 3 – RESULTATER FRA SKANSKA



## 5. VDC I SKANSKA

I dette kapittelet følger presentasjon av Skanska og boligprosjektene der resultatene til denne oppgaven har blitt samlet inn. Skanskas visjon med implementering av VDC med Roar Fosse presenteres som innledning til resultatene. Fosse er rådgiver for trimmet bygging i Bolig - Region Oslo. Deretter følger resultatene fra intervjurundene som omhandler VDC.

### 5.1 SKANSKA NORGE AS OG PROSJEKTENE

Skanska AB er en av verdens ledende entreprenører med hovedkontor i Sverige (Skanska, n.d.). Skanska har 57 000 ansatte i USA og Europa. Skanska Norge AS er Skanska-konsernets datterselskap i Norge, og er spesialister innen et bredt utvalg av fagfelt. Disse fagfeltene omfatter byggevirksomhet, anlegg, eiendoms- og næringsutvikling, bolig og offentlig-privat-samarbeid. Skanskas entreprenørvirksomhet er å finne i hele landet, med støttefunksjoner tilbudt sentralt. Skanska er svært opptatt av grønne løsninger og ønsker å være førstevalget for kunder som ønsker å bygge miljøvennlig.

#### 5.1.1 TIEDEMANNSBYEN OG ENSJØ TORG

##### **Tiedemannsbyen**

På Ensjø i Oslo ligger Tiedemannsbyen. Dette er et område under utbygging, der det skal bygges mange leiligheter, i form av 5 boligblokker, samt tilhørende næringsvirksomhet (Tiedemannsbyen, n.d.). I forbindelse med denne oppgaven, fikk undertegnede omvisning på byggeplassen og det ble demonstrert hvordan fagarbeiderne arbeider tegningsfritt. Fagarbeiderne bruker nettbrett med BIM som produksjonsunderlag. Det finnes et containerkontor ute på byggeplassen der betong-basen har enkel tilgang på 3D-modellen på en stor pc-skjerm. På denne måten får fagarbeiderne tilgang til siste versjon av 3D-modellen. Inne på anleggskontoret finnes det et stort møterom med store touch-skjermer brukt i ICE-møtene, samt Post-It-lappeplaner på veggene, der det drives med bakoverplanlegging. Tiedemannsbyen-prosjektet hadde oppstart i 2016 og skal ferdigstilles, med alle 5 boligblokkene, i 2019. Dette prosjektet ble besøkt høsten 2016 i forbindelse med prosjektoppgave, og det ble gjennomført intervjuer. Prosjektet ble også besøkt i mars 2017, men da kun for samtaler med de ansatte på prosjektet.

## **Ensjø Torg**

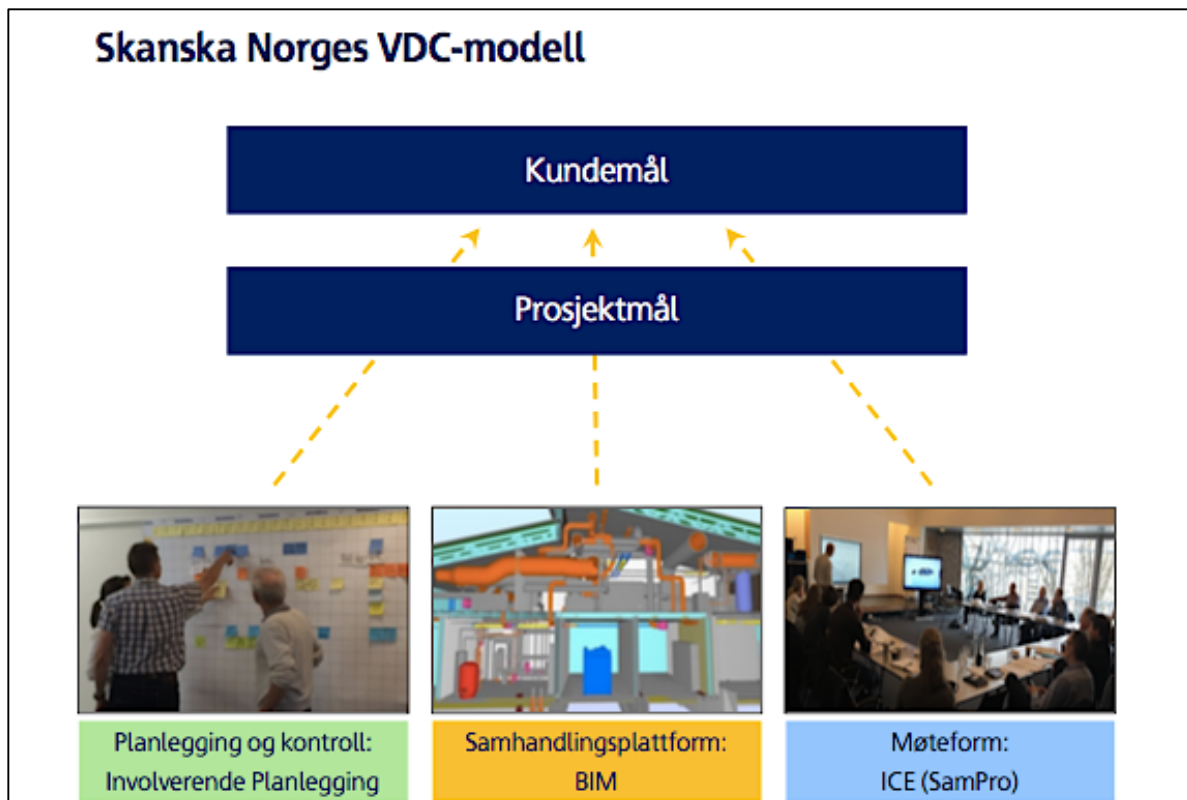
Bystrøket Ensjø er som sagt under omfattende utbygging, og kun 200 meter øst for Tiedemannsbyen ligger boligprosjektet Ensjø Torg. Ensjø Torg er et boligprosjekt som skal bygges rundt og over den nye T-banestasjonen på Ensjø (Ensjøbyen, n.d.). Første byggetrinn består blant annet av en 14 etasjes høyblokk. Da undertegnede besøkte Ensjø Torg i mars 2017 var utgravingen av byggegroppa godt i gang. Tomten var spuntet, men utenom dette var det kun gravearbeidene som var i gang. Inne på anleggskontoret har de flere møterom, som er innredet som ICE-rom med store touch-skjermer og Post-It-lappeplaner slik som på Tiedemannsbyen. Ensjø Torg ble påbegynt sent i 2016, første byggetrinn skal være ferdig i 2019, og hele prosjektet skal være ferdig i 2022. Andre byggetrinn skal starte i årsskiftet 2017/18, og med dette skal også en ny prosjektorganisasjon inn.

## 5.2 VDC I SKANSKA

Da denne oppgaven skrives for og sammen med Skanska Norge AS, er det viktig å poengtere hva virksomheten ønsker og tar sikte på å oppnå med VDC-satsningen. Det er dessuten nødvendig å kartlegge hva ansatte i Skanska oppfatter med VDC for å kunne sammenlikne dette med litteraturen. Dette delkapittelet handler om hva ansatte i Skanska ønsker å oppnå med å ta bruk VDC og hva slags oppfatning de har av begrepet.

### 5.2.1 SKANSKAS VISJON

Det bakenforliggende til VDC er ikke noe nytt, det er først og fremst mange kjente elementer satt sammen på en systematisk måte. VDC handler om en ny metode å sette mennesker sammen på, på en mer effektiv måte, som omfavner konseptene samhandling og mindre sløsing. Metodene bygger på et ønske om å redusere kommunikasjonstiden der man i dag venter på og misforstår hverandre. Denne nye måten å sette mennesker sammen på støttes opp med moderne teknologi. Denne teknologien er fortrinnsvis bruk av BIM, men også andre visuelle verktøy, som møterom med store touch-skjermer. Kortfattet kan man si at VDC er samhandlingsmetoder og digitalisering satt i system, hvor det hele bygger på Lean-tankegang. Det er den kulturelle grunnmuren som er viktig ved implementering av VDC i virksomheter - det er hvordan mennesker kommuniserer seg i mellom. Figur 7 illustrerer Skanskas tolkning og et oppsett av hva VDC innebærer og hvilke metoder og verktøy som går under dette begrepet.



FIGUR 7: SKANSKA NORGE AS VDC-MODELL (SKANSKA, N.D.)

Det er viktig å trekke frem det faktum at flere av VDC-verktøyene og -metodene har vært i bruk i mange år. VDC har handlet om å se disse verktøyene i sammenheng med hverandre. Tidligere har situasjonen vært slik at ansatte på byggeprosjekter har måttet forholde seg til mange ulike spesialister, avdelinger og fagområder. Implementering av VDC gjør at man får kommunikasjonen mellom alle disse ulike aktørene i "en pakke". Tidligere måtte prosjektene forholde seg til BIM-avdelingen, planleggingsekspertene, trimmet bygging-forbedring og Last Planner uavhengig av hverandre. Med VDC blir disse aktørene og metodene presentert med en mer helhetlig form. Bruken av VDC har ført til at silo-strukturen og skillet mellom prosjekterings- og produksjonsfasen har blitt brutt ned, nå omtales heller hele prosjektspenet.

Skanska mener at selskapet bør bruke VDC fordi de mener de jobber med mennesker med svært mye kompetanse, og VDC handler om å tilrettelegge for å få brukt denne kompetansen på en mest mulig effektiv måte i løpet av tiden man har til rådighet. Skanska tror at det å bruke nye møteformer som får menneskene i bedriften til å samhandle og bruke hverandres styrker i stedet for å tape tid på misforståelser og venting, er en styrke for bedriften. I tillegg virker folk fornøyde med bruken av disse metodene, at de føler seg mer trygge og dermed får bedre kontroll når de vet at man vil ha kommet frem til en løsning på slutten av et møte.

Et annet viktig aspekt ved VDC-satsningen er sikkerhet, helse og miljø. Ved å gjøre prosjekteringsfasen bedre og mer effektiv, åpnes det for å kunne prosjektere bedre løsninger og bedre byggbare løsninger. Slik vil løsningene bli sikrere for de som skal bygge, som igjen reduserer risikoen ute på byggeplassen. Bedre planlegging fører til en lavere risiko gjennom bruk av BIM og teknologi der man i forkant av risikofylte arbeider kan se etter beste gjennomføringsmåte, noe som blir enklere ved hjelp av en 3D-visualisering. Bedre sikkerhet vil gi utslag på økonomien i en virksomhet.

VDC-satsningen startet i Skanska som en grasrotbevegelse. Etterspørselen etter nye metoder og verktøy for å jobbe bedre har vært drevet nedenfra og opp, og ikke motsatt. Det antas at det er de ansattes entusiasme som har ført til at Skanska til å begynne med har satset hardere enn de fleste konkurrenter. Satsningen har ikke vært et resultat av en ledergruppe-avgjørelse, det har ikke vært ønsket at ledelsen skal bestemme at "dette skal vi gjøre". I tillegg ønsker Skanska at deres ansatte skal ha mulighet til å jobbe i en bedrift som befinner seg på teknologifronten i bransjen, at ingen slutter fordi de mener Skanska arbeider på en gammeldags måte.



### 5.2.2 BRUK AV VDC

På prosjektene Tiedemannsbyen og Ensjø Torg oppfattes VDC som et relativt nytt begrep, da det ikke er så veldig lenge siden det først ble introdusert i Skanska. Det forstås som en metode der man tar i bruk digitale hjelpemidler som BIM og store dataskjermer for å kunne gjøre bedre prosjekterings- og planleggingsarbeid. Produksjonsunderlaget lages virtuelt og samtidig gjennom en ny form for møtestruktur der graden av samhandling mellom ulike aktører er mye høyere enn tradisjonelt. Involvering av byggherre fører til raskere beslutninger. Involvering av fagarbeidere fører til mer realistiske fremdriftsplaner, der fremdriften planlegges selv av de utførende og synliggjøres med planer på møteromsveggene. VDC har bidratt til at man ser lenger frem i prosjektpennet når man prosjekterer og planlegger fremdrift for at det skal gå lettere når det kommer til selve utførelsen av de planlagte aktivitetene. Selv om det finnes litt ulike oppfatninger av hvilke metoder og verktøy som går under begrepet VDC, er det allikevel enighet om VDC har Lean-tankegang i bakgrunn, med effektivisering og mindre sløsing som fokus. VDC-metodene og -verktøyene har ført til at prosjektets helhet blir synlig for de som jobber med det. Metodene og verktøyene er heller ikke vanskelige å lære seg, man lærer etterhvert som man bruker dem. Ved hjelp av VDC-verktøyene og -metodene har man klart å formidle at planlegging skal gagne alle fagområder slik at man når et felles mål.

### 5.3 BRUK AV ICE-METODIKKEN

Den nye møteformen startet som samlokalisert prosjektering, som ble kalt SamPro. Deretter ble ICE-strukturen tatt i bruk som en oppgaveløsningsteknikk. Da skulle man ha et mål for møtet, og dette skulle dokumenteres. Denne nye møteformen har bidratt til mer konstruktive og løsningsorienterte møter enn de tradisjonelt har vært. På de tradisjonelle møtene pleide man å gå gjennom de aktivitetene som man skulle ha gjort fra forrige møte og ofte måtte man unnskyldes seg for at man ikke hadde gjort dette. Eller så forsøkte man å legge skylden på andre, og mente at dersom andre ikke leverer sine leveranser, får en ikke gjort sitt arbeid. Nå, på ICE-møtene, jobber man sammen for å kartlegge hvilke leveranser hver og en har behov for fra andre for at en skal kunne få gjort sitt arbeid. Det snakkes mye mer enn tidligere og kommunikasjonen i disse møtene er mer effektiv. Leveranser betyr i denne sammenhengen en beslutning, en avklaring eller en ferdig prosjektert del.

#### Møterommet

I møterommet, som hos Skanska kalles BigRoom, finnes det flere store dataskjermer. Disse er i størrelseslaget rundt 85", og det er berørings skjermer. I løpet av møtet brukes disse skjermene for å manøvrere 3D-modellen og skrive/tegne på foreslåtte løsninger. Møteformen krever at deltagerne står og går rundt disse skjermene og snakker med hverandre i motsetning til den tradisjonelle møteformen der deltagerne sitter rundt et bord. Når en aktør bestiller en leveranse av en annen skrives det en Post-It-lapp som henges på en plan på veggene. Denne lappen symboliserer en leveranse denne aktøren skal levere innen en gitt tid. Både Tiedemannsbyen og Ensjø Torg har slike store planer på veggene i BigRoom. Møteprosessen er dynamisk og dersom man har flere skjermer kan man arbeide med flere problemstillinger samtidig. Da kan gruppen deles opp, og mot slutten av møtet vil man oppsummere dagens arbeid slik at man eventuelt får avdekket konflikter i beslutninger som er tatt når gruppen har vært delt. Figur 8 illustrerer hvordan de deltagende arbeider under et ICE-møte.



FIGUR 8: ICE-MØTE I SKANSKA (SKANSKA, N.D.)

### Møtets gang

ICE-møtene starter med en plansjekk, og det opereres med 3-ukers-planer. Prosjekteringsplanen eller fremdriftsplanen gjennomgås for å se hvilke arbeider som har blitt gjort forrige uke, hvilke arbeider som utføres nå, og hvilke arbeider som kommer uka etter. Deretter avstemmes planene på Post-It-planen. Mer om denne planen i avsnitt 6.5. Når planene er avstemt starter man med det aktuelle møtets agenda, der forhåndsbestemte problemstillinger skal belyses. Hvert møte har et overordnet mål, og under dette målet skal alle problemstillingene avklares og prosjekteres eller planlegges. Etter møtet evalueres møtet av deltagerne, og måloppnåelse for hvert møte måles. Den vanligste årsaken til at målene ikke nås er at man har vært for uklar når man har bestilt noe av en annen aktør.

### Aktivitet

Til å begynne med var det en utfordring å få deltagerne engasjerte nok til å reise seg opp og bruke skjermer og plan aktivt. Etterhvert har møtedeltagerne opplevd at dette er en bedre måte å holde møter på, og aktivitetsnivået har økt. De ulike aktørene har skjønnet at man får de svarene og leveransene man ønsker raskere ved å etterspørre disse aktivt. På denne måten sparer man tid i planleggingsprosessen og når man løser problemer i prosjektering. Figur 9 illustrerer hvordan de deltagende arbeider aktivt rundt skjermen med 3D-modellen.



FIGUR 9: BRUK AV BIM I ICE-MØTE (SKANSKA, N.D.)

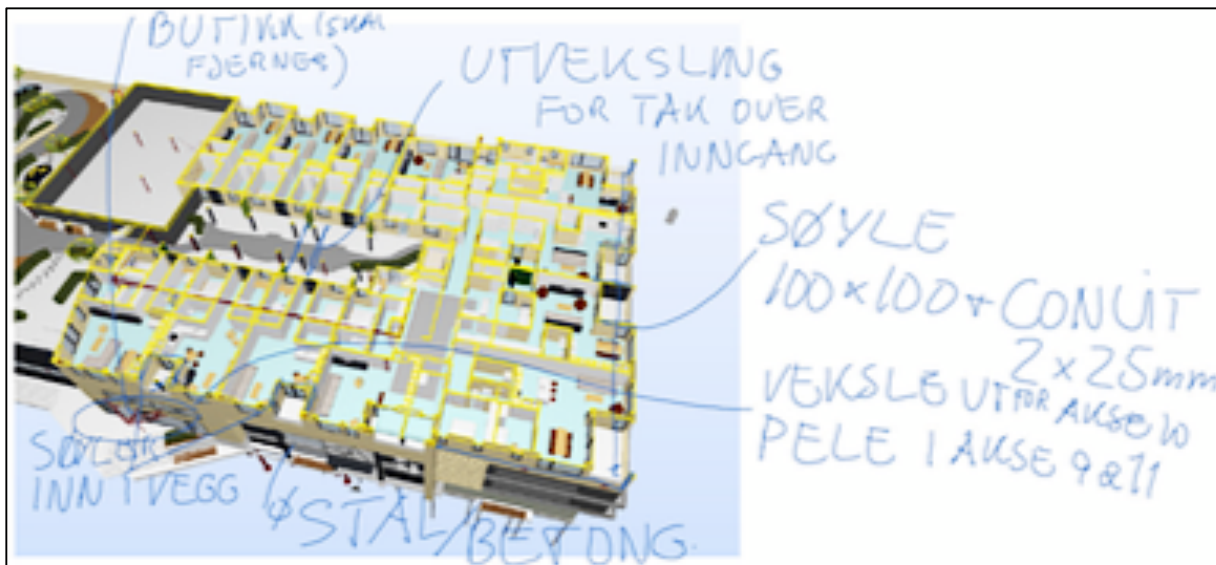
Skanska har opplevd at noen underentreprenører forsøker å gjøre det komfortabelt for seg selv ved å sette av mye tid til egne arbeider i fremdriftsplanleggingen. Da har de selv innsett at da blir ikke prosjektet ferdig til riktig tid. Det er viktig å understreke at denne formen for planlegging skal gagne alle fagområdene og alle deltagerne slik at man sammen når det felles målet. Prosjekteringsledere med 30 års erfaring sier selv at deres arbeidshverdag har fått en ny vri som har gjort det mer interessant å jobbe. Det er svært få som ser ut til å ha negativ innstilling til denne møteformen.

## 5.4 BRUK AV BIM

Både på Tiedemannsbyen og på Ensjø Torg brukes det en digital 3D-modell, en BIM, i møter, i prosjektering, i fremdriftsplanlegging og i selve utførelsen. Det prosjekteres direkte i modellen på ICE-møtet, der touch-skjermene på møterommet brukes for å tegne og notere løsninger på modellen. I forkant av møtet lager rådgiverne for de ulike fagområdene sine 3D-modeller, også samles disse i én samlemodell. Det er denne oppdaterte modellen som brukes i ICE-møtet. På denne måten har prosjekteringsfasen på begge prosjektene blitt papir-tegningsfrie og 2D-tegninger lages kun dersom det er bruk for detaljerte snitt av bygningsdeler.

### Møtereferater

På ICE-møtet tas det skjermbilder av modellen med tilhørende notater og tegning fra den store skjermen, se Figur 10. Disse skjermbildene brukes i møtereferatene, og dermed blir møtereferatet til i løpet av møtet. Rådgivere og arkitekt bruker disse referatene når de tegner og oppdaterer modellen til neste møte. Det er programmet Microsoft OneNote som brukes for å lage referatene og det har vært utfordringer knyttet til at informasjonen fra møtet ikke ligger direkte i modellen. Det hender derfor at det finnes duplikater av temaer som har vært diskutert tidligere, da disse ikke er synlige i modellen på neste møte.



FIGUR 10: BRUK AV DATASKJERMER FOR Å LAGE REFERATER MED UTKLIPP FRA BIM (SKANSKA, N.D.)



## BIM-container

På Tiedemannbyen står en BIM-container ute på byggeplassen. I containeren finnes en pc med stor skjerm der 3D-modellen er tilgjengelig for basene til enhver tid, se Figur 12. Dette sparer mye tid sammenliknet med tidligere da man måtte gå inn til anleggskontoret og finne papirtegninger. Særlig mye tid kan spares på prosjekter der anleggskontoret befinner seg et stykke unna byggeplassen. Fagarbeiderne er utstyrt med nettbrett med internettilkobling slik at den nyeste versjonen av modellen kan brukes direkte som produksjonsunderlag. Papirtegninger har kun blitt brukt til armeringsarbeidet, og siden har alle tegninger på Tiedemannsbyen vært digitale.



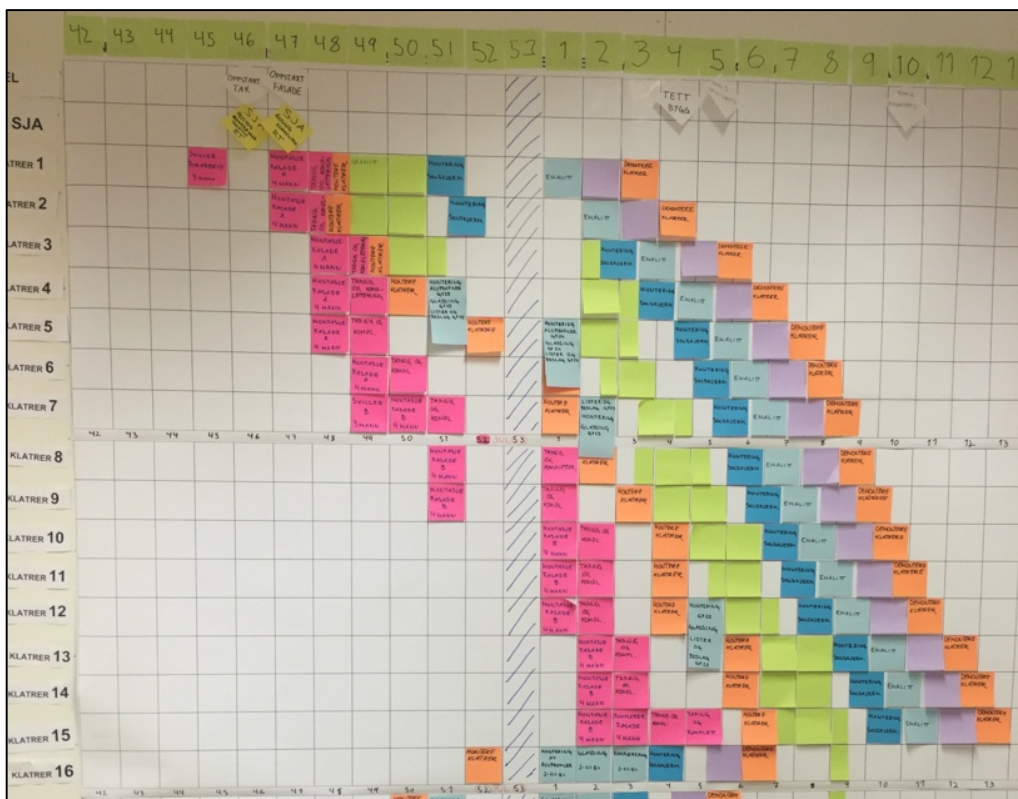
FIGUR 12: BIM-KIOSK (REDMAN, 2016)

På Ensjø Torg finnes det foreløpig ingen BIM-container, da prosjektet er i grunnarbeidsfasen. Graveren som jobber i byggegropa har en digital modell av hvordan byggegropa skal graves ut integrert i datamaskinen på gravemaskinen. Når grunnarbeidene er ferdige skal det plasseres en BIM-container også her. Den skal ha samme formål og bruksområde som containeren på Tiedemannsbyen. I motsetning til Tiedemannsbyen skal Ensjø Torg ha digitale bøyelister, armeringstegninger, så armeringsarbeidet skal utføres ved bruk av 3D-modellen.

## 5.5 BRUK AV THE LAST PLANNER SYSTEM

### Lappe-planen

Planleggingsdelen i VDC kalles av Skanska både involverende planlegging, bakoverplanlegging og bruk av The Last Planner system. Disse begrepene omfatter selve planleggingsprosessen i møter der involverte aktører samhandler og planlegger sammen. Deretter lages planen i form av en lappeplan som henger på veggen i møterommet. Det brukes flere planer, både for prosjekteringsfasen og for produksjonsfasen av prosjektet. Planene er store ark med rutenett, der kolonnene representerer ukenummer og radene representerer ulike områder på byggeplassen. På disse arkene festes Post-It-lapper med ulike farger, der de ulike fargene representerer de ulike fagene, se Figur 13. På lappene beskrives aktiviteten som skal gjøres i den gitte tidsperioden, på det gitte området av det gitte faget. På prosjekteringsplanen vil denne aktiviteten gjerne representere en leveranse av en prosjekterende eller en beslutning som skal være tatt. På produksjonsplanen representerer lappene en aktivitet som skal utføres eller en milepæl som skal være nådd.



FIGUR 13: ILLUSTRASJON AV EN LAST PLANNER-PAN (REDMAN, 2016).

## Avstemming av planer

I ICE-møtene avstemmes disse lappeplanene i starten av møtet, se Figur 14. Arbeidsplanene til prosjektering og produksjon avstemmes med hverandre slik at de prosjekterende kan etterspørre informasjon fra de rådgivende ingeniørene og ha det klart til produksjonen skal starte. På møtene sitter noen og styrer dataskjermene med 3D-modellen mens andre planlegger og fester lapper på veggen. På neste møte går man gjennom de aktivitetene som skal ha vært gjort uken før og identifiserer hvilke aktiviteter som eventuelt ikke er gjennomført og hvorfor.



FIGUR 14: ICE-MØTE I SKANSKA (SKANSKA, N.D.)

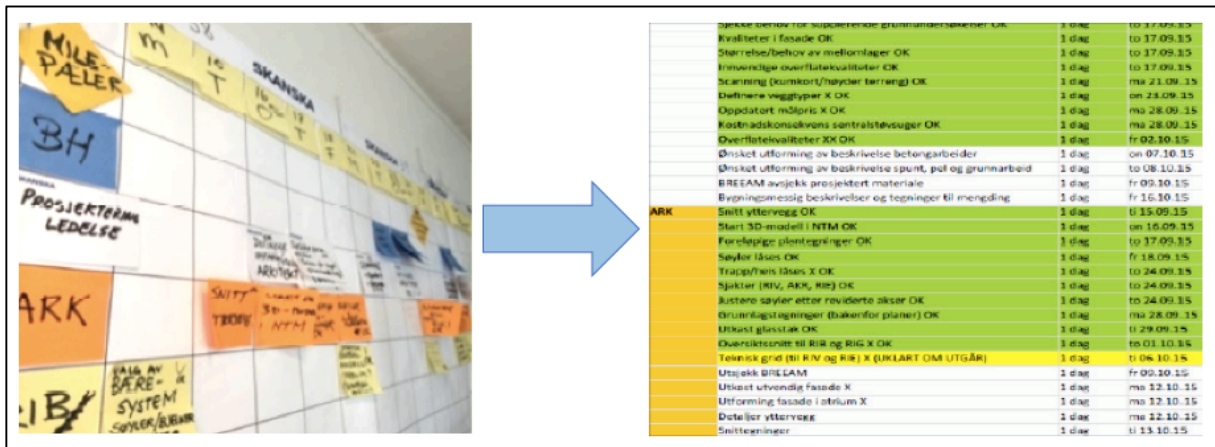
## Bakoverplanlegging

Planleggingen av arbeidene foregår bakover. Det vil si at man starter ved en milepæl og identifiserer hvilke arbeider som skal være ferdige før milepælen er nådd. Slik planlegger man bakover, fag for fag, til man kommer til starten av fasen. Det er de ulike aktørene som planlegger sitt eget arbeid og klargjør for foregående aktivitet hva som kreves for at de kan starte med sitt arbeid. Denne typen planlegging krever at hver enkelt aktør noterer seg presist hva de skal levere for å unngå misforståelser. Bakoverplanlegging for hver av de store fasene i et byggeprosjekt gjennomføres med større mellomrom, for eksempel på Tiedemannsbyen gjøres dette 2 ganger i året. Ellers brukes 3-ukers-planer i møtene der en fokuserer på foregående uke, nåværende uke og kommende uke. 3-ukers-planene lages digitalt og distribueres til involverte aktører.

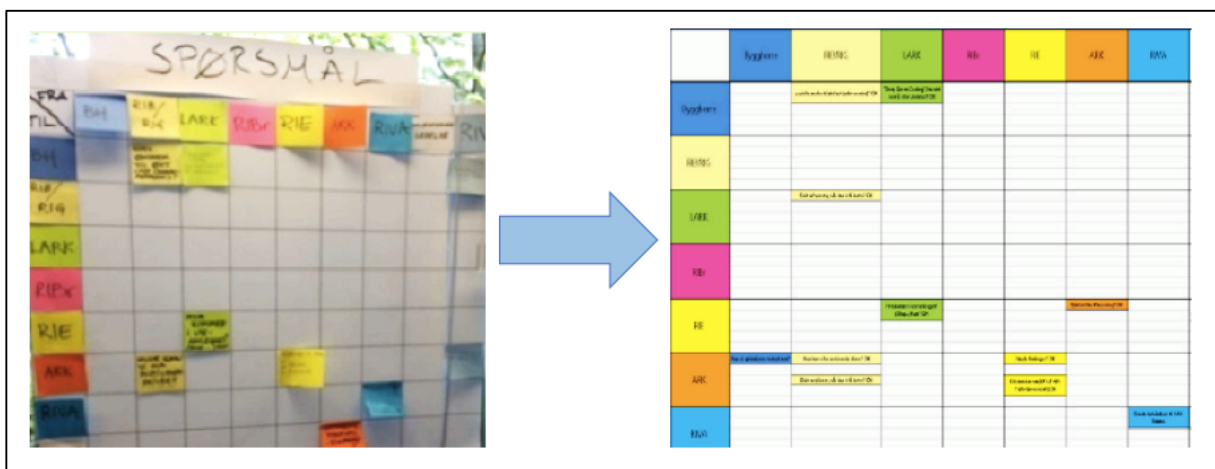


## Spørsmålsmatrise

I ICE-møtene benyttes også en spørsmålsmatrise i form av en liten lappeplan på veggen. Planen er et kvadratisk rutenett der radene representerer spørsmål fra et fag og kolonnene representerer til hvilket fag spørsmålet stilles. Representantene for de ulike fagområdene skrives ned spørsmål på Post-It-lapper som de fester på spørsmålsmatrisen. Disse spørsmålene leses opp høyt i møtet og den som skal levere bestillingen vil dermed feste denne på hoved-lappe-planen, på tidslinjen for når dette skal leveres. Da har leverandør eierskap til denne lappen og plasseringen på tidslinjen og føler seg dermed mer forpliktet til å levere enn om noen andre hadde tatt denne beslutningen for dem. Lappeplanen bidrar også til at prosjekteringslederen i Skanska har god kontroll på alle aktiviteter da denne planen henger på anleggskontoret og det bare er å gå inn på møterommet og sjekke planen. Planen lages også digitalt i tilfelle lappene faller ned. Deretter distribueres den til involverte aktører. I Figur 15 ser vi hvordan lappeplanen digitaliseres, der utførte aktiviteter markeres grønne. I Figur 16 ser vi hvordan spørsmålsmatrisen legges inn digitalt.



FIGUR 15: DIGITALISERING AV LAST PLANNER-PLAN (SKANSKA, N.D.)



FIGUR 16: DIGITALISERING AV SPØRSMÅLSMATRISE (SKANSKA, N.D.)

### **Hva er en god plan?**

En god plan skal inneholde alle aktiviteter som er nødvendige for å kunne utføre arbeidet. Deretter er det et spørsmål om hvor detaljert denne planen skal være. Dersom planen er for detaljert, blir den fort for omfattende og uoversiktlig og vil kreve mye tid å sette seg inn i. På den andre siden må planen inneholde nok aktiviteter slik at man ikke utelater noe viktig. Kort oppsummert må en plan inneholde en balansert detaljeringsgrad, ikke for mye ei heller for lite. Å vite hvor denne balansen ligger er noe de ansatte i Skanska mener kommer med erfaring. Planen må være tydelig nok til at det er mulig å måle fremdrift og følge dette opp. Planen må selvfølgelig også være realistisk. Det viktigste med en god plan er at den er forankret hos de som skal bygge og at rekkefølgen er gjennomførbar.

I boligproduksjon, som Tiedemannsbyen og Ensjø Torg-prosjektene er, er det viktig å skape en syklus i planen, da man skal bygge det samme, leiligheter, mange ganger. Her er det viktig å bli bedre for hver syklus, å bygge bedre og raskere for hver gang. Dersom Skanska bare skulle bygget den første leiligheten i hvert boligprosjekt, ville de tapt penger. Her er nøkkelideen kontinuerlig forbedring.

## 5.6 EFFEKTER

### Effektivitet

VDC-verktøyene og metodene bidrar til at prosjekteringsfasen og utførelsesfasen går raskere. I prosjekteringsfasen bidrar de digitale hjelpemidlene til at de prosjekterende raskere kommer inn i detaljerte problemområder fordi de synliggjøres i større grad ved bruk av BIM enn tidligere. Forståelsen for hva som skal bygges, og eventuelle misforståelser knyttet til dette, her blitt mye bedre ved hjelp av de visuelle verktøyene. Møtestrukturen, ICE, bidrar til at prosjektgruppen får bedre kontroll over hvilke oppgaver som er løst, og hvilke som gjenstår. Tidligere var møtereferatene lange, og de tok lang tid å skrive. ICE-metodikken og bruken av BIM har bidratt til at man kan skrive disse referatene raskere, noe som gjør hverdagen mer effektiv. Det vil også si at møtereferatene er tilgjengelig kort tid etter møtet, og dette fører til at involverte aktører får startet med arbeidet som skal være klart til neste møte tidligere. En digital modell av bygget blir raskere oppdatert og distribuert enn det 2D papirtegninger blir, som også fører til en mer effektiv arbeidshverdag. Det er slik at det oppfattes som at det tar tid å lære seg VDC-metodene, men det forventes at VDC-prosessen blir mer effektiv etterhvert som de ulike aktørene blir vant til dette, og man da kan begynne å spare tid i prosjektet.

### Kommunikasjon

VDC har hatt en positiv effekt på kommunikasjonen mellom de ulike aktørene i prosjektet. Metodene har tvunget aktørene til å snakke mer og bedre sammen. Dette har også bidratt til en hyggeligere tone enn tidligere. Det at det er lettere å snakke med hverandre har bidratt til at kommunikasjonen er mer effektiv og det er lavere terskel for å ta kontakt for å avklare ulike problemer. Rådgivernes innsats for å lære seg den nye måten å kommunisere på reflekteres i antall eposter som sendes til prosjekteringsleder. Prosjekteringsleder på Tiedemannsbyen opplever en voldsom reduksjon i antall eposter der han brukes som mellomledd mellom de prosjekterende, da disse snakker mer mellom seg.

Kommunikasjonen og informasjonsflyten har fått en kortere vei mellom den utførende basen og prosjekteringen. I dette tilfellet har produksjonslederen mistet noe av kontrollen, da de digitale tegningene går direkte fra prosjektering til bas, uten produksjonsleder som mellomledd. Kvalitetssikringsmessig, som er produksjonsleders ansvar, må denne nye kommunikasjonsveien arbeides mer med. Produksjonsleder må holdes involvert slik at produktet oppnår riktig kvalitet.

Den tradisjonelle måten å planlegge på opplevdes som veldig kontraktstyrt og økonomistyrt, og at det var viktig å ikke sitte igjen med skylden for at noe har blitt forsinket eller gått galt. Da brukte man mye tid på å unngå å få denne skylden i stedet for å sørge for at det ikke var noe å få skylden for. Etter at VDC ble implementert brukes tiden på å kommunisere slik at uklareheter forsvinner.

## **Forutsigbarhet**

En digital 3D-modell har ført til at det er lettere for prosjektteamet å få en total oversikt over bygget på et tidligere stadium enn før. Den gir mulighet for å ta målinger, ta ut mengder og lage planer på en bedre måte en tidligere da bygget finnes virtuelt. Alle disse nye mulighetene bidrar til økt kontroll hos de ansatte ved prosjektet. Samhandlingen mellom aktørene i forbindelse med ICE-møtene fører til at man finnes eventuelle konflikter tidlig. Bakoverplanleggingen gjør at hver enkelt aktør ansvarliggjøres i større grad enn tidligere og planene blir mer realistiske når de som skal utføre arbeidet selv forteller hvordan det skal gjøres og hvor lang tid det vil ta.

Bruken av 3D-modellen gjør at det er lettere å luke ut prosjekteringsfeil og krasjer mellom ulike fagdisipliner lenge før modellen blir til arbeidstegning. Når det eventuelt oppstår konflikter brukes modellen aktivt til å løse disse. Når prosjekteringsmøtereferatet skrives i løpet av møtet ligger noe av forutsigbarheten i at alle aktørene har tilgang på dette med én gang.

## 5.7 FREMTIDEN MED VDC

Alle intervjuobjekter, både på Tiedemannsbyen og på Ensjø Torg, mener at bruk av VDC-verktøy og metoder er fremtiden. Det sies at det er uaktuelt å gå tilbake til den tradisjonelle møtestrukturen med bruk av 2D-tegninger i prosjektering ei heller til en planleggingsform som krever mindre samhandling og kommunikasjon. Samtidig påpekes det at man er prisgitt hvem man har med på prosjektet. Man er avhengig av å ha med seg underentreprenører, leverandører, rådgivere og arkitekter som er positive til disse metodene. Det er også viktig å understreke at det krever tid og ressurser å lære opp andre aktører til å ta bruk disse metodene og verktøyene, og det må derfor ikke oppleves som en testfase. Man vil også unngå å måtte lære opp alle nye aktører i disse metodene ved oppstart av hvert prosjekt. Et annet viktig aspekt med VDC er å ikke vanskeliggjøre det eller legge det fremfor teoretisk. Det er viktig å vise at metodene er forholdsvis lettere å lære seg.

Hvis implementeringen av VDC skal ha større effekt i fremtiden er det viktig at produksjonsfasen og prosjekteringsfasen kommuniserer tidlig i prosjektet og at de utførende får delta tidligere i prosessen, da det til syvende og er de som skal utføre byggingen. VDC oppleves som en mer engasjerende arbeidsform enn de tradisjonelle og det påpekes at dette er fremtiden for prosjektgjennomføring.



## 6. IMPLEMENTERING AV 4D

I dette kapitlet presenteres resultatene som omhandler temaet 4D, fra intervjurunden som ble gjennomført på Ensjø Torg. Her forklares det hvordan en 4D-modell blir til, og deretter kartlegges de ansattes forventning til implementering av 4D på prosjektet.

### 6.1 4D PÅ ENSJØ TORG I DAG

Ingen av intervjuobjektene har erfaring med bruk av 4D fra tidligere prosjekter, da Ensjø Torg er det første prosjektet i Skanska som tar i bruk dette verktøyet. For de ansatte på Ensjø Torg er VDC, BIM og 4D nye metoder. Flere av de ansatte har brukt BIM før, og vært borti ICE-metodikken, men de har ikke brukt alle metodene sammen tidligere. Prosjektlederen påpeker at denne satsningen er drevet nedenfra og opp, det er de som skal ta i bruk verktøyene som selv har sett en verdi med dem, og som selv besluttet implementeringen. Prosjektlederen bestemte at prosjektet skal bruke 4D-modell og fremdriftsoppfølging og har fått med seg de andre i prosjektteamet. Årsaken til denne beslutningen var å utforske programvare som kunne kombinere 3D-modell med fremdriftsoppfølging. Til å begynne med ble programmene Autodesk, Visio og Synchro vurdert. Valget falt på Synchro, da det var dette programmet som var best egnet til bruk i fremdriftsoppfølging. Ensjø Torg er et fullstendig VDC-prosjekt der de kun bruker BIM som prosjekterings- og produksjonsunderlag. Møtene forgår med ICE-metodikk og Last Planner-planlegging. Per mars 2017 jobber BIM-koordinator på prosjektet med å lage 4D-modellen, men denne er ikke fullstendig og brukes ikke aktivt enda. Når modellen er ferdig er det tenkt at denne skal brukes til fremdriftsoppfølgingen

## 6.2 HVORDAN 4D-MODELLEN LAGES, OG HVORDAN DENNE BRUKES

På Ensjø Torg er det produksjonsavdelingen som har tatt i bruk 4D-modell ved å koble 3D-modellen mot fremdriftsplanen. Prosjektet er foreløpig i grunnarbeids-fasen, og 4D-modellen er enda ikke i bruk i fremdriftsoppfølging. Foreløpig brukes planen til å lage oppdaterte riggplaner. Planen er å bruke 4D-modellen i både prosjektering og i produksjon. Alt prosjekteres i 3D, og denne 3D-modellen brukes av produksjonsavdelingen når fremdriften planlegges. BIM-koordinators oppgave er dermed å sette sammen 3D-modellen og fremdriftsplanen når 4D-modellen lages.

### **Synchro Software, 4D-modell**

Synchro fungerer som et alt-i-ett program. Det fungerer som et 3D-modell-lesingsprogram og et planleggingsverktøy sammen. Man kan lage fremdriftsplanen i Synchro Scheduler, eller bruke Microsoft Project og lage en xml-fil. Denne xml-filen kan importeres inn i Synchro. Deretter må man importere en ifc-fil av 3D-modellen inn i Synchro. 3D-modellene revideres og tegner av rådgiverne i programmer av typen Revit eller ArchiCAD, og deretter må disse filene eksporteres til en ifc-fil. Ifc er et format som Building Smart innførte for å få til åpen BIM i prosjekter, et universalformat for lesing av 3D-modellen. Ifc er 3D-modelleringens pdf-format, som er til for at det skal finnes et lesbart format som ikke er mulig å endre. Det er dette formatet de rådgivende ingeniørene sender til Skanska. I Synchro kobles aktivitetene i fremdriftsplanen til bygningsdelene i 3D-modellen. Figur 17 illustrerer hvordan brukergrensnettet i Synchro ser ut. Når en spiller av fremdriften vil Synchro visualisere hvordan bygget bygges. Det må gjøres noe tilpasningsarbeid med fremdriftsplanen for at det skal fungere i 4D-planen. Et eksempel på dette er betongsjakter, som i fremdriftsplanen kan stå som én aktivitet, men i 4D-planen burde den visualiseres etasjevis, slik at byggingen av denne får en logisk rekkefølge. Det kan være aktuelt å lage ulike fremdriftsalternativer, for så å velge det alternativet som passer best for de utførende, men dette er enda ikke tatt i bruk på Ensjø Torg.





FIGUR 17: BRUKERGRENSESNITTET I SYNCHRO PRO (SYNCHRO PROFESSIONAL, N.D.)

Synchro tilbyr flere ulike programmer, der de fleste er gratis utenom Synchro Pro. Synchro Pro er programmet der selve 4D-planen lages. På Ensjø Torg har de 2 lisenser til dette programmet. Synchro Scheduler kan brukes til å lage fremdriftsplaner, Synchro SITE brukes til fremdriftsoppfølging der man kan endre status på aktivitetene i fremdriftsplanen. Synchro Open Viewer kan brukes til å se på 4D-planen uten muligheter for å endre denne. I Synchro Open Viewer ligger all nødvendig informasjon som ligger i både fremdriftsplanen og i 3D-modellen og det er denne plattformen som vil bli brukt til vanlig. Det å bearbeide 4D-planen er det ikke så mange som har behov for å gjøre, og det viktig at ikke for mange har tilgang til å endre den, da dette kan by på problemer og konflikter.

### Fremdriftsoppfølging

Synchro Site er programmet som vil bli brukt i fremdriftsoppfølgingen, og av de ute på byggeplassen. Målet er at alle de ulike fagarbeiderne skal melde fremdrift og hensette status fortløpende på sine aktiviteter. Når man da har fremdriftsoppfølgingsmøte en gang i uka, kan man ta opp modellen og konsentrere seg om de aktivitetene som har feil status. Ideen er at man skal ha en såkalt base-line-plan, der planlagt fremdrift vises, og en modell med faktisk fremdrift. Man kan da sammenlikne disse for å se hvilke aktiviteter som mangler. Det er også ønskelig at baser og formenn skal kunne bruke 4D-modellen til å vise fagarbeiderne hva som skal bygges og når dette skal bygges. Ved bruk av 4D-modellen er dette lettere å visualisere enn om man kun har en liste over aktiviteter.

Synchro gir muligheten til å styre ressurser. Et eksempel på dette er å identifisere fagarbeidere som ressurser og tildele dem aktiviteter. Det er da mulig å velge et element i modellen og se hvilken fagarbeider som skal bygge dette elementet. Eller motsatt: Man kan velge en fagarbeider i modellen og se alle aktiviteter som denne fagarbeideren skal utføre. Og da kan fagarbeideren selv gjøre opp status på aktivitetene, enten ved å bruke pc-en i BIM-containeren, eller ved bruk av nettbrett eller smarttelefon i Synchro SITE. Denne statusrapporteringen kan gjøres samtidig som fagarbeideren registrerer sine arbeidstimer. På et akkordbasert lønssystem vil en raskere og mer effektiv fremdriftsoppfølging gange fagarbeideren.

### **Synchro Scheduler, 4D-planlegging**

Synchro Scheduler har en funksjon som allokere ressurser på en mest hensiktsmessig måte, for å kunne lage mest mulig komprimerte planer. Dette innebærer at programmet behandler ressurser og aktiviteter og setter opp planer som gir korteste mulig byggetid. Dette vil ikke si færre timeverk, og man vil ikke kunne spare penger på timeverk, men en kortere byggetid vil kunne spare penger i rigg- og driftskostnader. Det er noe usikkert om denne funksjonen skal brukes på Ensjø Torg, da den krever en del arbeid med å styre og legge inn informasjon om ressurser, men det er en funksjon som kan vurderes brukt. Det er ingen begrensning for hva slags informasjon man kan legge inn i 4D-modellen i Synchro. Her er det ikke bare snakk om å legge inn tid eller ressurser som en funksjon, men alle andre typer tilleggsinformasjon. Et eksempel på dette er å legge inn informasjon om hver bygningsdel, for eksempel betongelementer. Man kan da legge i pakkseddel på betong, for å senere kunne hente ut informasjon om betongkvalitet for akkurat dette elementet, eller pakkseddel for armering og tilhørende sjekklister for utførte arbeider. Det brukes i dag mye tid og penger på å lage og samle all FDV-dokumentasjon som hører til et bygg. Hvis man kunne ha lagt inn denne informasjonen forløpende i modellen, og deretter bruke en funksjon som genererer en sluttrapport, ville man spart mye tid og ressurser. Eventuelt kunne kunden eller brukere av bygget fått 4D-modellen med all denne informasjonen, og selv navigere og finne aktuell informasjon. Det er også muligheter for å legge inn vedlikeholds- og livssykluser i modellen, i en kalender. På denne måten kan de som har ansvaret for vedlikeholdet av bygget få varsler om når ulike deler av bygget må vedlikeholdes, med varsling i forkant for å ha tid til å eventuelt bestille service eller materiell.

Ambisjonen på Ensjø Torg er at 4D-modellen skal være tilgjengelig for alle som ønsker, og at denne skal brukes aktivt. Nå ligger den i en sky-løsning som er tilgjengelig for alle på prosjektet. Da må man laste ned Synchro Open Viewer, laste ned filen med 4D-planen og deretter kan man se og bruke modellen. Modellen er tilgjengelig per mars 2017, men det er ikke så mange som bruker den enda. Per mars 2017 planlegges fremdriften på "gammeldags" vis ved hjelp av Microsoft Project, men det er et ønske om at man planlegger direkte i Synchro fremover i prosjektet.

### 6.3 HVORDAN PÅVIRKER EN 4D-MODELL ET PROSJEKT

En 4D-modell oppfattes som et fint verktøy for å forbedre forståelse og kontroll over det som skal bygges, og det som skjer ute på byggeplassen. Man kan følge med på hver bygningsdel etterhvert som den blir produsert, og følge med på om dette er i henhold til fremdriftsplanen. Det er tidsbesparende når tegninger blir digitale, man kan bære de med seg digitalt, og man slipper å håndtere papirtegninger som raskt blir utdaterte. 4D-planen vil bidra til at man ser konflikter tidlig i prosjektet, før de bygges, og å løse disse konfliktene før de bygges er svært kostnadsbesparende. Til å begynne med har denne måten å jobbe på vært en innkjøringsprosess hos de ansatte på Ensjø Torg. Det er viktig at man finner de rutinene og malene som fungerer best for de som jobber på prosjektet. Det er da man blir mest lønnsom og effektiv.

#### **Visualisering og rekkefølge**

Visualisering av rekkefølgen noe skal bygges i er ikke eneste fordel med en 4D-plan. Det er også et viktig poeng at man mener at det blir lettere å samordne de ulike fagdisiplinene, underentreprenørene og leverandørene. Inntrykket er også at kommunikasjonen blir lettere og kommunikasjonsveien mellom ulike aktører blir kortere ved hjelp av de digitale hjelpemidlene. De bidrar til at man ser de andres problemstillinger lettere, og man tenker ikke bare på egne problemer. Prosjektlederen ved Ensjø Torg tror at forutsigbarheten i prosjektet blir bedre, da krasjkontroll blir lettere å gjennomføre. Ikke bare i forhold til byggetekniske kollisjoner, men i forhold til byggbarhet når man også vurderer rekkefølgen noe skal bygges i. Dette blir en mer pedagogisk måte å planlegge på, da slike konflikter kommer tydeligere frem av 4D-modellen. Å få visualisert rekkefølgen bygget skal bygges i bidrar til at det er lettere å identifisere risikosoner på byggeplassen. Dette kan bidra til å være i stand til å utarbeide gode sikkerhetsrutiner ved for eksempel å kunne tilpasse og oppdatere riggplanene.

#### **Underentreprenører**

Ingen av underentreprenørene som hittil har vært involvert i Ensjø Torg har brukt 4D tidligere, men det påpekes at de er interesserte i å være med på denne utviklingen hva gjelder modernisering og digitalisering. For underentreprenørene er kostnadene relativt små, det vil bare kreve tilgang på nettbrett med Synchro SITE fra deres side. Ensjø Torg bærer alle lisenskostnader selv, noe de ansatte på prosjektet synes er en ulempe. Det er ønskelig at dette skal være noe Skanska sentralt kan sponse med for eksempel firmalicenser på Synchro.

### **Fremdriftsoppfølging**

Å bruke 4D-planen til fremdriftsoppfølging anses som særdeles interessant på betongproduksjon, som er neste fase av prosjektet. Prosjektleder skal lage en grafisk fremstilling basert på timeverk og mengde betong av kalkylen, produksjonsunderlaget og faktisk bruk. På denne måten kan man tidlig skape seg et bilde av hvor mye betong som kommer til å gå med, og dermed hvor mye man vil tjene. Ved å bruke denne grafikken kan man tidlig se om det er nødvendig å gjøre korrektive tiltak i forhold til betongbestilling og bemanning, slik at man kan gjøre disse tiltakene tidsnok.

## 6.4 FORVENTNINGER

### **Planlegging**

Det forventes at bruk av en 4D-modell skal bidra til at det blir lettere å lage gode planer, og at disse planene skal være mer realistiske. Man blir tvunget gjennom alle elementene i bygget gjennom brukes av Synchro, man skal innom alle elementene i bygget og koble disse mot fremdriftsplanen, og dermed blir man tvunget til å se byggets helhet. Dersom man utelater noe i 4D-modellen blir dette veldig synlig når fremdriften spilles av ved at elementer dukker opp naturlig, steg for steg, i en logisk rekkefølge. På denne måten blir også forutsigbarheten i prosjektet bedre. Man ser det lettere om det dukker opp en konflikt eller en feil eller mangel. Bedre forutsigbarhet vil forplante seg videre til at har bedre kontroll på tiden i prosjektet, som igjen kan bety bedre kontroll på økonomien. Hvis man klarer å lage gode planer, vil det bli færre flaskehalsen i fremdriften. Man får gitt de ulike aktivitetene den tiden som er nødvendig for å bli ferdige, uten at prosjektets ferdigstillelsesdato flyttes, fordi man får allokert aktivitetene på en bedre måte. Det er altså ønskelig å kunne bruke 4D-verktøyet til å gjennomføre krasjkontroller på fremdriftsplanleggingen, ikke bare i prosjekteringen.

### **Innstilling**

I forhold til implementering av VDC og særlig 4D, er det nok slik at den yngre generasjonen er mer positive enn den eldre. For en del fagarbeiderne kan det virke skummelt med ny teknologi. Men det er viktig å understreke at etterhvert som nye verktøy blir innarbeidet, så ser de fleste at dette er fine hjelpemidler. Det forventes at denne barrieren brytes når man får tatt i bruk verktøyene. Det er et stort engasjement bandt underentreprenører vedrørende 4D, for de det har blitt presentert hittil. Det forventes ikke at dette skal være vanskelig å selge inn hos fremtidige underentreprenører, så lenge de får presentert at det er en merverdi knyttet til denne implementeringen.

### **HMS-arbeid**

Forventningene til implementering av 4D-modell er å kunne jobbe sikrere enn tidligere ved at man kan se eventuelle sikkerhetsmessige konflikter digitalt før de skjer i virkeligheten. Her kan 4D-modellen brukes for å belyse grensesnitt mellom områder på byggeplassen der risikofylte operasjoner skal gjennomføres. Ved bruk av verktøyet kan man da se når de ulike områdene på byggeplassen endrer status i risikobildet. En oppdatert riggplan kan da lages for hvert av disse scenarioene. Det er ønskelig at riggplanene skal oppdateres oftere enn tradisjonelt. Fra tidligere har det vært vanlig å lage én riggplan ca. to ganger i året. Ved bruk av en 4D-modell kan man planlegge mer detaljert i forhold til områder som sperres av i bestemte perioder og planlegge andre fags fremdrift ut i fra begrenset tilgang til disse områdene.

## 6.5 FORDELER OG UTFORDRINGER

### Fordeler

Den største fordelen med å bruke en 4D-plan i byggeprosjekter er visualisering av fremdriften. Dette påpekes som det beste hjelpemiddelet ved 4D. Et eksempel som nevnes er kompliserte armeringskonstruksjoner hvor det er vanskelig å se på en 2D-tegning hvordan den skal utføres, men som er lettere å forstå når den vises i 3D, og i riktig rekkefølge, 4D. Ved å unngå å "klø seg i hodet" over 2D-tegninger kommer man raskere i gang med produksjonen. 4D-planen vil gjøre det lettere å visualisere eventuell konflikt mellom fagene, hvordan de ligger an i fremdriften og om de har overlapp med andre fag innenfor et område på bygget.

4D-planen bidrar til økt bevissthet rundt planlegging generelt. Selve prosessen med å lage gode planer og diskusjonene dette utløser, og hvordan denne økte bevisstheten bidrar til større entusiasme hos involverte aktører. Hele VDC-prosessen og 4D-delen er ny og spennende, og dette skaper nytt liv i produksjonsplanlegging og styring av prosjekter.

### Utfordringer

Til å begynne med, når de andre underentreprenørene kommer inn på prosjektet vil det bli en utfordring å få alle med på laget, at alle bruker verktøyene likt. Det er et stort program, og et stort system man må lære seg, og det tar tid før man får innarbeidet rutiner hos alle. Det kan oppfattes som ubehagelig for noen å måtte lære seg nye dataprogrammer. De ansatte på Ensjø Torg håper at så fort underentreprenørene ser nytten av å ta verktøyene i bruk at de vil få en positiv innstilling til dette.

Å starte med 4D-planlegging på prosjekter som allerede er i gang sees på som utfordrende, særlig for prosjekter som ikke brukes VDC-metodene og verktøyene. Forutsetningene for implementering av disse verktøyene må legges tidlig i et prosjekt. Det kan være mulig å starte med 4D-planlegging i prosjekter som allerede bruker 3D-modellen aktivt, men man må se nytten av å bruke ressurser på dette. Dersom et prosjekt har kommet langt, vil dette kanskje ikke gi merverdi for de ansatte, heller merarbeid. Regionsdirektør mener at Tiedemannsbyen har kommet så langt på vei at vinsten antageligvis hadde blitt for liten.

Om Skanska skal satse videre på 4D er foreløpig usikkert da Ensjø Torg er pilotprosjekt, og man først må høste erfaringene fra dette prosjektet før man bestemmer seg for om man skal satse videre. Det er også et stort sprik i datakunnskapene til de ansatte i Skanska, og dette må være noe som passer den aktuelle prosjektorganisasjonen. Det understrekes også at det ønskes mer støtte fra Skanska sentralt når det kommer til programvarelisenser og IT-støtte.

## **Fremtiden med 4D**

Det tar litt tid å komme inn i en hverdag med mange nye digitale verktøy og nye metoder å arbeide på. Det at det tar litt tid betyr også at det vil ta tid før en ser effektene av implementeringen. Hva fremtiden bringer med denne teknologien er foreløpig usikkert, da 4D-modellen enda ikke brukes aktivt. Først når man kan høste erfaring fra Ensjø Torg vil man kunne uttale seg om det har vært en suksess eller ikke. Utviklingen i Skanska har gått fort på teknologifronten de siste årene og det er også vanskelig å si hva fremtiden vil bringe med 5D (kostnader) og 6D (FDV-dokumentasjon). Foreløpig ser det vanskelig ut å ta i bruk dette, man må vente til prosjektene er modne for å ta i mot dette. Det sies allikevel at bruk av 4D er fremtiden for byggebransjen. Programmet Synchro har endeløse muligheter, og dette er noe som burde tas i bruk i fremtiden.

Implementeringen av 4D sees også på en nødvendighet i sammenheng med Skanskas konkurransedyktighet. Slik som utviklingen med digitalisering og teknologi har vært i byggebransjen de siste årene, må Skanska fortsette å satse på dette. Det at Skanska foreløpig er tidlig ute med 4D gir dem et konkurransefortrinn i en stund fremover. Dersom kunde eller byggherre får se en visuell fremstilling av den planlagte fremdriften på 4D-modellen kan dette bidra til at de blir tryggere på valg av entreprenør.





## DEL 4 – DISKUSJON OG KONKLUSJON



## 7. DISKUSJON

I dette kapittelet diskuteres og sammenliknes funnene fra teorien og empirien.

### 7.1 OM VDC-SATSNINGEN

#### **Definisjon**

VDC-definisjonen, som ble utarbeidet ved Stanford University, kan tolkes og forstås med stor bredde. Ideen bak VDC er å ta i bruk digitale hjelpemidler og verktøy for at informasjonen og kommunikasjonen innad i et prosjekt skal være effektiv. I tillegg beskrives VDC som et rammeverk som åpner for høyere grad av samhandling mellom prosjektets ulike aktører. De digitale hjelpemidlene som nevnes er i hovedsak BIM og flerdimensjonale CAD-modeller med ulike varianter av innhold og informasjon. Definisjonen som kommer frem i litteraturen åpner for mange ulike tolkninger av hvilke metoder og verktøy som faller inn under VDC-begrepet. Artiklene som er publisert ved Stanford - CIFE fremmer mange forslag til ulike metoder og verktøy, og disse ser ut til å variere en del. Det er noe utfordrende å tolke hvilke metoder og verktøy som finnes i bruk i byggebransjen i dag som faller innunder begrepet. Allikevel antas det at alle metoder og verktøy som fremmer tverrfaglig samhandling, bedret kommunikasjon og bedrede prosesser, støttet opp med digitale verktøy, kan tolkes og brukes som VDC-verktøy.

#### **POP-modell**

Produkt-Organisasjon-Prosess, POP, beskrives i litteraturen som en modell som fremmer grunntanken i VDC. Disse tre elementene, produkt, organisasjon og prosess, er de viktigste elementene i et byggeprosjekt, og det er i disse elementene man må oppnå forbedring for at prosjekter skal være effektive og produktive. POP sammen med digitale hjelpemidler former til sammen alle elementene i VDC-begrepet. Hvordan man skal oppnå forbedring av produkt, organisasjon og prosess kan tolkes ulikt. Produktet er den fysiske delen av prosjektet, altså elementene i bygget. Organisasjonen innebærer alle mennesker som er deltagende i prosjektet. Prosessen handler om hvordan man skal utføre prosjektet. Det er derimot hvordan man skal forbedre disse elementene i POP som er noe uklart. Digitalisering og visualisering av produktet burde skje i form av BIM, altså 3D,4D og 5D-modeller, alt ettersom hvor ambisiøs prosjektorganisasjonen ønsker å være. Forbedring av organisasjonen tolkes som en forbedring av organisasjonssammensetning og hvordan organisasjonen skal jobbe sammen. Dette tolkes som forbedring av møtестrukturer og kommunikasjonsveier. Forbedring av prosesser anses som forbedring av gjennomføring av prosjektet, herunder hvordan man planlegger fremdrift, prosjektering, logistikk og leveranser.

Gjennomgang av litteraturen om VDC har gitt følgende svar på hvordan man kan forbedre produkt, organisasjon og prosess:

- Produktet skal digitaliseres og være tilgjengelig for alle aktører på prosjektet. Alle som er med på å lage dette digitale produktet skal arbeide i samme plattform slik at informasjon om endringer og konflikter kommer klart frem av modellen for alle, til enhver tid. Det digitale produktet skal kunne gi svar på spørsmål om hvem som skal utføre og bygge hvilke deler av bygget og det skal være mulig å legge inn all den informasjonen som ønskes av prosjektorganisasjonen. Det digitale produktet vil være en bygningsinformasjonsmodell, BIM.
- Forbedring av organisasjonen skal skje gjennom forbedrede møtestrukturer og økt grad av samhandling mellom prosjektets aktører. En av metodene som nevnes i litteraturen er ICE-metodikken i såkalte BigRoom eller iRoom. Et slikt møterom vil være innredet med store dataskjermer, som muliggjør samtidig arbeidet i produktets digitale plattform. Et annet viktig aspekt ved ICE-metodikken er at det kreves høy aktivitet fra samtlige deltagere, og at man etterspør den informasjonen man selv trenger.
- Forbedring av byggeprosjektets prosesser tolkes som bedre planlegging. For å gjøre planleggingsprosessen bedre i et byggeprosjekt må nye planleggingsmetoder vurderes og deretter implementeres. En av metodene som ofte nevnes i litteraturen, både i sammenheng med VDC, men også i sammenheng med BIM, er The Last Planner System.

### **Skanska og VDC**

Der litteraturen kan tolkes bredt og et stort utvalg av metoder og verktøy presenteres, er Skanskas forståelse og tolkning av VDC-begrepet veldig konsistent. VDC tolkes som et samlebegrep for bruk av BIM, samhandlende planlegging, gjennom The Last Planner System, og møtestrukturen ICE. For flere av intervjuobjektene betydde implementeringen av VDC økt bruk av digitale hjelpemidler da VDC ble introdusert sammen med økt bruk av BIM og store dataskjermer i møterommene. Samhandlingsdelen av VDC har blitt benyttet tidligere i form av Samlokalisert Prosjektering, og ble ikke nødvendigvis tolket som en del av VDC til å begynne med. Roar Fosse ønsker å understreke at slik Skanska ønsker å tolke VDC, er dette en bedre måte å sette mennesker sammen på. Her er kommunikasjon viktigste faktor, mens i litteraturen kan de digitale verktøyene sees på som hovedfokuset i begrepet.

Implementering av VDC har i Skanska vært drevet nedenfra og opp. Det er de som jobber ute på byggeplassen som har kommet med ønsker om nye metoder som kan effektivisere arbeidshverdagen. Der Skanska har høyt fokus på at VDC-satsningen skal gagne alle i prosjektet, har litteraturen mer fokus på prosjektledere, rådgivere, arkitekter og prosjekteiere. Et annet viktig aspekt med VDC-implementering er det at Skanska mener at bedre kommunikasjon, visualisering og gode planer vil føre til bedret sikkerhet på byggeplassen. Det å kunne være i forkant av risikofylte arbeider vil bidra til langt færre utforutsette hendelser. I litteraturen fra Stanford beskrives ikke dette aspektet noe særlig, selv om det anses som et svært godt insentiv til å implementere VDC.

## 7.2 VDC-PROSESSEN

### ICE-metodikken

Konseptet Integrated Concurrent Engineering, ICE, tolkes som en måte å arrangere møter på, og en måte man innreder et møterom. I dette møterommet vil det finnes store dataskjermer som aktørene kan jobbe med samtidig, og internettilkobling slik at alle jobber i samme plattform samtidig. I litteraturen om VDC fra Stanford fremmes ICE som en metode å organisere en prosjektorganisasjon på. Metodikken beskrives som svært effektiv for å øke samhandling og kommunikasjon mellom møtedeltagere. Den beskrives også som en effektiv måte å øke bruken av BIM og The Last Planner System i prosjekter. Allikevel tillegges ikke ICE-metodikken så stor betydning i litteraturen. Hos Skanska, derimot, kan det virke som at ICE-metodikken og møterommet danner selve rammen for VDC-implementeringen. ICE-møtene brukes til både prosjekteringsmøter og til produksjonsmøter. Det er i disse møtene BIM tas i bruk, og det er her planleggingen foregår. Møterommet kalles Big Room, og de fleste elementene av VDC finner sted i dette møterommet; høy grad av samhandling og kommunikasjon, prosjektering i BIM, aktiv deltagelse fra alle aktører, bakoverplanlegging med Post-It-lapper på veggen og forhåndsbestemte mål for møter. Det virker som at VDC-effektene og tenkemåten starter i Big Room hos Skanska. Et annet viktig aspekt med ICE, er at metoden skal fremme bedre kommunikasjon mellom ulike aktører, gjennom samtaler og bestilling av leveranser mellom aktørene. Det virker dermed mot sin hensikt at ICE-metodikken i litteraturen beskrives som en god måte å jobbe på dersom man befinner seg på ulike geografiske plasser.

Denne måten å arbeide på var til å begynne med uvant for de ansatte på Tiedemannsbyen og Ensjø Torg. Det var en utfordring å få folk til å reise seg opp fra stolene sine, ta i bruk dataskjermene og å selv etterspørre den informasjonen de har behov for. Der litteraturen kommer med forslag til hvordan man kan implementere nye verktøy og metoder mangler det forslag til å overkomme utfordringene knyttet til menneskelige faktorer. Mange kan synes nye digitale hjelpemidler er utfordrende grunnet mangel på teknisk-digitale kunnskaper. Dette er noe som må tas hensyn til ved implementering av nye verktøy, da det vil virke mot sin hensikt hvis de oppleves belastende for de som skal bruke verktøyene.

## Bruk av BIM

BIM anses som det viktigste hjelpemiddelet under VDC-begrepet. Mulighetenes med BIM anses som endeløse, så lenge teknologien går fremover. 3D-modeller åpner for visualisering og forståelse for hva som skal bygges før det bygges. En 3D-modell er lettere å forstå uten byggetekniske kunnskaper, som gjør det enklere for flere aktører å bidra med innspill til forbedringer i byggeprosessen. BIM kan deles og videresendes digitalt over internett, som gjør at informasjon om byggeprosjektet blir mer tilgjengelig for alle. Hos Skanska har BIM vært brukt i flere år, men det er først de siste årene at 3D-modeller har tatt over for 2D-tegninger og utskrifter av tegninger på papir er på vei til å bli utfaset. BIM-en blir tilgjengelig, ikke bare på datamaskiner, men også på nettbrett og telefoner, slik at man kan ha med seg hele modellen ut på byggeplassen og bruke den aktivt i byggingen. Det har tidligere vært problemer med at fagarbeidere ikke får riktige tegninger til riktig tid, og at de bygger med utdatert grunnlag. Dette fører til omgjøringer, som er svært kostbart. Det at BIM-en er digital og internettbasert fører til at man har tilgang til en oppdatert modell hele tiden. Det er allikevel en barriere man må bryte når slike hjelpemidler skal brukes i stor skala. Det er mange aktører i bransjen som foreløpig er uerfarne med bruk av BIM. I disse tilfellene er det viktig å fokusere på at man må få meg seg alle på laget, slik at bruken av BIM og dermed VDC ikke blir ineffektiv.

Bruk av BIM-kiosk er ikke å finne i den studerte litteraturen, men Skanska anser dette som viktig for at VDC-satsingen også skal gange fagarbeiderne ute på byggeplassen. Å ha 3D-modeller og papirløst produksjonsunderlag mister sin hensikt hvis ikke den enkelte fagarbeideren har direkte tilgang og kort vei til å studere modellen. Fagarbeiderne er utstyrt med nettbrett slik at de bærer med seg modellen til en hver tid. Ulempen med dette er at nettbrett og smarttelefoner blir utsatt for kulde vinterhalvåret. Dette fører til at fagarbeiderne må inn på anleggskontor eller brakker for å lade disse.

Bruk av BIM øker forutsigbarheten i Skanska-prosjekter ved at BIM kan brukes til kollisjonskontroller av prosjekteringsunderlaget. Disse krasjkontrollene vil luke ut eventuelle konflikter og feil før de oppstår ute på byggeplassen, noe som vil spare både tid og penger. Da penger regnes som det mest slagkraftige insentivet, er dette en av grunnene til at bruk av BIM både anbefales i litteratur og omfavnes i større grad av Skanska.

## The Last Planner System

The Last Planner System anses som en velutviklet og velutprøvd planleggingsmetode. Metoden handler i hovedsak om at arbeider skal planlegges bakfra ut ifra milepæler, og at hver enkelt utførende aktør skal planlegge sine egne arbeider slik at planen blir mest mulig realistisk. LPS inneholder mange av de samme elementene som brukes for å beskrive VDC-begrepet; samhandling og kommunikasjon mellom prosjektets ulike aktører. Planleggingsmetoden er et system med mange elementer og nivåer og kan til tider virke noe rigid. Med dette menes at det er vanskelig å tolke om en planleggingsmetode kan kalles The Last Planner System dersom det er gjort endringer i metoden for å tilpasse den til et prosjekt. I Skanska sine prosjekter tilpasses LPS etter behov. Dette innebærer for eksempel at i produksjonsfasen på Tiedemannsbyen gjøres omfattende bakoverplanlegging kun ett par ganger i året. Grunnen til dette er at detaljert og fullstendig bakoverplanlegging for lange tidsperioder krever mye arbeid og en detaljeringsgrad det ikke er mulig å vise på lappe-planene på møterommene. Det er viktig at planene ikke så detaljerte at det grenser til det uoversiktlige.

Skanska anser kommunikasjonen ved lappe-planen på veggen som det viktigste elementet ved LPS. Det er når én formann snakker med en annen formann, etterspør informasjon og kommuniserer hva som er nødvendig for at nestemann kan starte sitt arbeid. I kontrast til den tradisjonelle måten å planlegge på, der prosjektledere eller anleggsledere har laget fremdriftsplanene både for prosjekteringsfasen og for produksjonsfasen, er det nå de utførende som lager planene selv. I litteraturen finnes svært mange eksempler på at dette har bidratt til mer realistiske planer, færre misforståelser og økt effektivitet. Dette bekreftes av de som har tatt i bruk LPS på Skanska-prosjekter.



### 7.3 HVA FORVENTES MED VDC-SATSNINGEN

VDC-verktøyene og metodene har bidratt til en mer effektiv arbeidshverdag på både Tiedemannsbyen og Ensjø Torg. Den økte effektiviteten kommer av at de digitale hjelpemidlene bidrar til at man kommer inn i detaljerte problemområder i prosjekteringsfasen. De digitale hjelpemidlene bidrar også med at man får luket ut misforståelser når man står foran en skjerm med 3D-modellen foran seg i møtene. Tidligere ble ikke 3D-modellen brukt i hverken prosjekterings eller fremdriftsplanelegging. Det anses som logisk at det er enklere å forstå og unngå misforståelser når det kommer tydelig frem for alle deltagende i et møte hva som diskuteres.

ICE-metodikken har gjort hverdagen på en byggeplass mer effektiv, da mye av tiden til de ansatte på et prosjekt brukes i møter. Tidligere ble prosjekteringsmøtereferatene skrevet etter møtet. Dette tok ofte svært lang tid, og referatet ble sendt ut opp til flere dager etter at møtet var avholdt. I dag skrives referatene i selve møtet ved hjelp av de digitale hjelpemidlene. Å få tilsendt et møtereferat umiddelbart etter møtet vil bidra til at de deltagende i møtet ikke glemmer viktige elementer fra møtet, som kanskje ikke nødvendigvis ble skrevet ned. Mye informasjon kan bli glemt dersom man får et referat flere dager etter et møte.

I litteraturen nevnes mange effekter som følge av VDC-implementering. Flere av disse effektene er også å finne på Skanska-prosjektene. Skanskas fokuserer allikevel mye mer på at effektene skal være til fordel for hele prosjektorganisasjonen. Med dette menes at litteraturen inneholder ikke så mye informasjon om hvilke effekter VDC-implementering har for de utførende fagarbeiderne ute på byggeplassen. Skanska understreker flere ganger i løpet av intervjuene at VDC-implementering startet som en grasrotbevegelse. Det er de ute på prosjektene som har etterspurt bedre måter å planlegge arbeider på, bedre måter å avholde møter på og bedre måter å holde tegningsunderlaget oppdatert på.

En annen effekt som er tydelig som følge av VDC-implementering, er at fokuset på å planlegge godt og at planene skal være realistiske, har økt veldig. Dette er et resultat av at de deltagende i prosjektene har endret tankesettet noe, der fokuset er å nå prosjektets mål, fremfor å verne om egne interesser.

Man skal heller ikke se bort fra at trivsel kan være en viktig faktor for å ta i bruk VDC-metoder. Dette er ikke noe som beskrives i noe særlig grad i litteraturen, men noe Skanskaansatte understreker. Flere av de intervjuede sier at implementeringen av VDC har bidratt til en triveligere arbeidshverdag som følge av at de ulike aktørene har fokus på å avklare usikkerheter før de blir til konflikter.

## 7.4 4D-MODELLERING

### 4D-modeller

Definisjonen på 4D i sammenheng med byggebransjen er ganske klar. Det er en modell der bygningselementene fra 3D-modellen til bygget er koblet til sin respektive aktivitet i fremdriftsplanen. Konseptet er ikke nytt, men utfordringen med 4D-modellering har vært knyttet til manglende digitale verktøy og tilstrekkelig god programvare. De siste årene har kommersiell programvare dukket opp, som er lett å bruke og tilgjengelig for alle som kan manøvrere en 3D-modell. 4D-modell kan kort og godt forklares som en film, der man kan se bygget reise seg over tid. 4D-modeller er visuelle, og de gir god forståelse for hvilken rekkefølge prosjektet skal utføres i.

Med bruk av 4D kommer flere fordeler. I litteraturen nevnes disse fordelene; Forbedret visuell opplevelse av bygget fjerner mange byggetekniske misforståelser. Kommunikasjonen rundt en modell blir lettere da det kommer klart frem hva som diskuteres. Modellen åpner for å lage ulike alternativer til fremdrift, dersom man møter på hindringer. Modellen fremmer samarbeid, da alle aktører må bidra med input i modellen for at den skal være fullstendig. Mange av disse fordelene er de samme som man finner i litteraturen om VDC. 4D-modeller faller inn under begrepet VDC, men anses som mer moderne og nytt enn 3D-modeller. 4D blir det neste naturlige steget når man øker bruken av digitale hjelpemidler i byggebransjen.

Det finnes ulike typer kommersiell programvare som kan brukes til 4D-modellering. En av utfordringene med å implementere 4D-modellering, og også 3D-modellering er at bransjen bruker mange ulike typer filformater som ikke er kompatible med ulike typer visningsprogrammer. BuildingSmart fant løsningen på dette og fremmet et universalformat, ifc-filen. Ifc-filen omtales som 3D-modelleringen PDF-fil, og innføringen av denne har gjort det lettere for bransjens aktører å dele, vise og samle 3D-modeller. Når 4D-modellen skal lages er man også avhengig av å ha et slikt universalformat som kan importeres inn i 4D-programvaren.

### Erfaringer

Det finnes lite erfaringer med 4D-modellering fra Norge. Men i litteraturen finnes det flere eksempler på byggeprosjekter i USA som har brukt 4D-modeller. Camino Medical Group brukte 4D-modellering på et sykehusprosjekt i California. Her høstet de mange erfaringer, og konkluderte med at innføring av en 4D-modell gjorde prosjektet til en suksess. Fordelene som ble kartlagt strakte seg fra fordeler for prosjekteier helt ned i prosjekthierarkiet til fagarbeiderne hos underentreprenørene.

Skanska har, som tidligere nevnt, ingen erfaring med 4D-modeller fra før av. Ensjø Torg er første prosjekt som skal bruke 4D-modeller i både prosjekteringsfasen og i fremdriftsoppfølgingen av produksjon. Prosjektet bruker ikke 4D-modellen aktivt per mars 2017, men den er under utvikling. Det er noe usikkerhet knyttet til i hvilken grad modellen skal brukes, da det finnes endeløse muligheter. Prosjektleder ønsker å bruke modellen til fremdriftsoppfølging, men er usikker på om fremdriften skal planlegges direkte i modellen, foreløpig brukes Microsoft Project som planleggingsverktøy. Skanska har valgt å bruke 4D-modelleringsprogrammet Synchro.

## 7.5 Å IMPLEMENTERE 4D I EKSISTERENDE VDC-PROSESS

Synchro Software sitt 4D-modelleringsprogram er ikke begrenset til at det bare er fremdriftsplanen som kan integreres i modellen. Her finnes det muligheter for å legge inn all den type informasjon man kan tenke seg. I første omgang ønsker Skanska å benytte Synchro SITE, et program som er mulig å bruke på smarttelefon eller nettbrett for å gjøre opp status på aktiviteter. Det er også muligheter for å utvide modellen til det som i noen typer litteratur heter 5D-modell. En 5D-modell inneholder kostnadselementet ved et bygg. Dette innebærer at kostnadene knyttet til å utføre de ulike elementene i bygget er lagt inn i modellen. Dette krever svært mye input fra tidligfase, og anses foreløpig som tungvint for de ansatte på Ensjø Torg. Dette er noe man eventuelt kan ta i bruk når man har blitt komfortable med en 4D-modell. Synchro kan også brukes til å lagre produktinformasjon om de ulike elementene i bygget. For eksempel: å legge ved pakkesedler og sjekklister til betongarbeider. Dette kan gjøre arbeidet med å produsere FDV-dokumentasjon lettere, dersom man lagrer dette underveis i prosjektet. I dag lages FDV-dokumentasjonen mot slutten av prosjektet, og dette tar mye tid. FDV-dokumentasjon i en slik modell blir av noen kalt 6D-modell. Ideen bak en slik modell er at kunden og brukere skal få denne modellen ved overtagelse slik at de kan benytte den i vedlikeholdsarbeidet av bygget.

Programmet Synchro Scheduler er Synchro sitt eget planleggingsverktøy. Dette programmet kan benyttes til å lage Virtual Design Teams. Som forklart i teorien går dette ut på at alle mennesker som arbeider med prosjektet, med deres kunnskap og funksjon, legges inn i en modell som produserer en fremdriftsplan. Ved å bruke digitale hjelpemidler til å gjøre dette er det mye lettere å lage alternative planer, da vi det går mye raskere på datamaskin. Denne funksjonen er noe de ansatte på Ensjø Torg er klare over, men som de er usikre på om de skal benytte i prosjektet.

Alle de ovenfor nevnte fordelene og funksjonene Synchro tilbyr anses som gode og viktige verktøy. Allikevel er det viktig å understreke at man må "lære å krabbe før man kan gå". Med dette menes det at det er viktig at man implementerer nye verktøy gradvis, slik at brukere av disse verktøyene får tid til å lære seg dem, og bli komfortable med nye arbeidsmetoder. I dagens byggebransje opplever mange at digitale hjelpemidler er noe utfordrende. Det er viktig å ta hensyn til at folk lærer ulikt, og trenger tid til å tilpasse seg. Dersom man implementerer alle 6 dimensjoner i et prosjekt der få har erfaring med 3D fra før, kan dette oppleves som veldig overveldende og demotiverende. Derfor ønsker ikke Ensjø Torg å ta i bruk alle funksjonene og mulighetene som er å finne i Synchro med det første.

## Oppsummerte funn

Med både teori og empiri som grunnlag, presenteres det i Tabell 9 hva Skanska forventer, og hva som kan forventes, med å implementere 4D inn i VDC-prosessen som på dette tidspunktet begynner å bli etablert i Skanska.

TABELL 9: FORVENTEDE EFFEKTER AV 4D-IMPLEMENTERING

Forventede effekter	Begrunnelse
Effektiv overgang fra prosjektering til produksjon	Visualisering av både produktet og prosessen beskrives som den største fordelen med en 4D-modell, da den er mer avklarende enn 2D og 3D-tegningsgrunnlag. Dette fører til at man raskere kommer i gang med utførelsen.
Økt fokus på god planlegging	Når en 4D-modell lages kreves det at fremdriftsplanen er god. Det blir svært synlig i en 4D-modell dersom fremdriftsplanen ikke er logisk eller gjennomførbar i praksis.
Færre konflikter og usikkerhet knyttet til byggings-rekkefølge	En 4D-modell illustrerer godt hvilke arbeider på bygget som utføres når. Det kommer også tydeligere frem av modellen hvilken rekkefølge som er mest logisk å bygge i. Eventuelle konflikter kan løses ved å se på 4D-modellen i stedet for ute på byggeplassen.
Effektiv fremdriftsoppfølging	Ved at fagarbeiderne kan ta i bruk programvare som gjør at de selv kan korrigere status på aktiviteter, kan prosjektteamet bruke tid på å konsentrere seg om aktivitetene som ikke er utført. Dermed kan man bruke tid på de aktivitetene som ikke er utført.
Forbedret sikkerhet	Visualisering av byggeprosessen og stadig oppdaterte riggplaner illustrerer risikoområder som gjør at man kan jobbe tryggere. En slik visualisering åpner også for at man kan se risikoområder man ellers kanskje ikke tenker på.
Krasjkontrollering av fremdriftsplaner	Det er ikke bare prosjektert materiale kan krasjkontrolleres. Med 4D-modellen kan man krasjkontrollere fremdriftsplaner med hensyn til rekkefølger, plass, tid og ressurser.



## 8. KONKLUSJON

Skanska Norge AS har tatt i bruk VDC-rammeverket på flere av sine byggeprosjekter de siste årene. Begrepet VDC begynner å bli et kjent begrep, og ansatte i bedriften ser allerede effektene av implementeringen. Bruken av BIM har bidratt til at arbeid i både prosjekteringsfasen og produksjonsfasen har blitt mer effektiv. Produktene, henholdsvis tegningsgrunnlag og det ferdige bygget, har blitt gjennomført med færre omgjøringer og feil.

Økt samhandling på tvers av fagfelt og prosjektorganisasjon er et resultat av ICE-metodikken. I kontrast til tradisjonell møtevirksomhet bidrar ICE-metodikken til bedre kommunikasjon mellom prosjektets aktører, som deretter fører til en mer effektiv arbeidshverdag. Last Planner-systemet fører til at prosjektorganisasjonen sammen lager bedre og mer realistiske planer ved at de ansvarlige for utførelsen av en aktivitet selv planlegger sitt arbeid.

En 4D-modell er en digital fremstilling av produktet som skal bygges, i den rekkefølgen det skal oppføres i, illustrert ved hjelp av en fremdriftsplan. Fremdriftsplanens aktiviteter er koblet sammen med 3D-modellens elementer, og dermed kan utførelsen spilles av som en film. Denne fremstillingen bidrar til at produktet og byggeprosessen er lettere å forstå på grunn av visualiseringen i tid og rom.

En slik digital visualisering av både produkt og fremdriftsplan kan bidra med flere fordeler i det eksisterende VDC-systemet. Blant annet avklares bygningsrekkefølgen på en svært effektiv måte. Når 4D-modellen lages, må aktiviteter og elementer kobles sammen slik at utførelsen skjer i en logisk rekkefølge. Når 4D-planen dermed spilles av, kommer det tydelig frem hvilken rekkefølge aktiviteter må utføres i. Dette er tidsbesparende i forhold til tidligere, da man studerte en 3D-modell uten tidsfaktoren.

I forbindelse med VDC og BIM snakkes det mye om kollisjonskontroll av prosjektert materiale. 4D-modellen åpner muligheten for å kollisjonskontrollere fremdriftsplaner. Dette kan gjøres ved å se i modellen om det oppstår konflikter mellom ulike fag, dersom det er planlagt at de skal utføre arbeider på samme sted. Oppstår en slik konflikt gjør 4D-modellen det lettere å se en løsning; om det ene faget kan utføre arbeider et annet sted i bygget.

En 4D-modell gjør det mulig å holde riggplanen på et prosjekt oppdatert til enhver tid. Dette vil ha stor betydning for sikkerheten på byggeplassen. 4D-modellen visualiserer hvordan risikobildet endrer seg på ulike områder på byggeplassen som følge av arbeidene som utføres. Da blir det lettere å gjøre tiltak for å ivareta sikkerheten i disse områdene i forkant av oppstart. Det blir også lettere å tilpasse fremdriftsplanen slik at aktiviteter i et risikoområde flyttes eller tilpasses.

Med bakgrunn i de beskrevne faktorene en 4D-modell bidrar med i et prosjekts VDC-rammeverk anbefales det å satse videre på 4D-implementering i Skanska.





## 9. VIDERE ARBEID

Da denne oppgaven ble skrevet, og empirien ble samlet inn, brukte ikke Ensjø Torg-prosjektet 4D-modellen aktivt. Derfor ble kun forventede effekter kartlagt og belyst. Om Skanska ønsker å satse videre på 4D-implementering er avhengig av erfaringene de vil høste på Ensjø Torg. Det anses derfor som viktig å kartlegge og måle effekter av 4D-implementeringen her. Det er vanskelig å avgjøre om 4D-implementering vil være en suksess på dette prosjektet, og det ses derfor på som nødvendig å undersøke dette.

Denne oppgaven ble i starten begrenset slik at de tekniske aspektene ved BIM og 4D ikke ble for omfattende. Det kan derfor også være nødvendig å se nærmere på hvordan programvarene brukes, og det finnes forbedringspotensial her. Dersom programvaren brukt i 3D- og 4D-modellering anses som utfordrende kan det være en idé å utforske mulighetene for å gjøre disse mer brukervennlige slik at flere aktører i byggebransjen benytter seg av dette.

For å samle inn et mer representativt utvalg av informasjon anses det som nødvendig å undersøke ikke bare boligprosjekter, men andre typer byggeprosjekter, gjerne flere og av ulik størrelse.



## REFERANSER

- Alarcon, L.F., Mandujano, M.G., Mourgues, C., (2013). *Analysis of the Implementation of VDC from a Lean Perspective: Literature Review*. Presented at the 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp. 781–790.
- Autodesk, (n.d.). Autodesk Navisworks Timeliner. Tilgjengelig fra: <https://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Navisworks/files/GUID-D0D36E3D-F1D0-43B6-AB4E-2E7799B340A3-htm.html> (Hentet 6.1.17).
- Ballard, H.G., (2000). *The last planner system of production control*. The University of Birmingham.
- Basu, A., (2007). *4D Scheduling - A Case Study*. AACE Int. Trans. Morgant. PS121-PS126.
- Bhatla, A., Leite, F., (2012). *Integration Framework of BIM with the Last Planner System*. Presented at the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.
- Bølviken, T., Aslesen, S., Koskela, L., (2015). *What Is a Good Plan?* Presented at the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp. 93–102.
- BuildingSmart Norge, (2014). åpenBIM. buildingSMART. Tilgjengelig fra: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim> (Hentet 6.7.17).
- BuildingSmart Norge, (2010). BuildingSMART Norge. buildingSMART. Tilgjengelig fra: <https://buildingsmart.no/bs-norge> (Hentet 6.7.17).
- Dalland, O., 2012. *Metode og Oppgaveskriving*, 5. utg. Gyldendal, Oslo, Norway.
- dI.r.de, (2016). ICE-møte. Tilgjengelig fra: [https://www.google.no/search?q=ice-meeting&espv=2&biw=1360&bih=688&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi hq7yxpIHRAhVBkSwKHHT\\_C9oQ\\_AUIBigB#tbm=isch&q=integrated+concurrent+engineering&imgsrc=4ju3M5sRqptlgM%3A](https://www.google.no/search?q=ice-meeting&espv=2&biw=1360&bih=688&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi hq7yxpIHRAhVBkSwKHHT_C9oQ_AUIBigB#tbm=isch&q=integrated+concurrent+engineering&imgsrc=4ju3M5sRqptlgM%3A) (Hentet 12.19.16).
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., (2011). *BIM Handbook*, 2. utg. John Wiley & Sons, NJ, USA.
- Eikeland, P., (2001). *Teoretisk analyse av byggeprosesser*.
- Ensjøbyen, (n.d.). Ensjøbyen - Prosjekter. Ensjøbyen. Tilgjengelig fra: <http://www.ensjoeyen.no/prosjekter/> (Hentet 5.31.17).
- Euris, E.L., Furseth, I., (2012). *Masteroppgaven, Hvordan begynne - og hvordan fullføre*, 2. utg. Universitetsforlaget, Oslo, Norway.

- Fischer, M., Kunz, J., (2004). *The scope and role of information technology in construction*, in: Proceedings-Japan Society of Civil Engineers. DOTOKU GAKKAI, pp. 1–32.
- Jongeling, R., Olofsson, T., (2007). *A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD*. Autom. Constr. 16, 189–198.
- Khanzode, A., Fischer, D.M., Reed, D., (2008). *Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) systems on a large healthcare project*. J. Inf. Technol. Constr. ITcon 13, 324–342.
- 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 Stanf. Univ. Palo Alto CA 47.
- Knotten, V., Svalestuen, F., (2014). *Implementing Virtual Design and Construction (VDC) in Veidekke – Using Simple Metrics to Improve the Design Management Process*. Presented at the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp. 1379–1389.
- Kunz, J., Fischer, M., (2009). *Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions*. Cent. Integr. Facil. Eng. CIFE Stanf. Univ.
- Larsen, A.K., (2012). *En enklere metode - Veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningmetode*. Fagbokforlaget, Bergen.
- Mossman, A., (2013). *Last Planner - 5+1 Crucial & Collaborative conversations for predictable design & construction delivery*.
- nticad.no, (2016). BIM. Tilgjengelig fra: [http://nticad.no/wp-content/uploads/2015/10/BIM\\_Hospital\\_Construction\\_v2-compressed.jpg](http://nticad.no/wp-content/uploads/2015/10/BIM_Hospital_Construction_v2-compressed.jpg) (Hentet 12.19.16).
- Olsson, N., (2011). *Praktisk rapportskrivning*. Tapir akademisk forlag, Trondheim.
- Sandnes, J., (2014). Produktivitet i bygg- og anleggsnæringen. Byggno - Byggeindustrien. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1196143> (Hentet 6.8.17).
- Seppänen, O., Modrich, R.-U., Ballard, G., (2015). *INTEGRATION OF LAST PLANNER SYSTEM AND LOCATION-BASED MANAGEMENT SYSTEM*.
- Skanska, (n.d). Skanska i Norge. Skanska. Tilgjengelig fra: <http://www.skanska.no/pages/standard.aspx?id=4515&epslanguage=no> (Hentet 5.31.17).

Synchro Professional, (n.d). Tilgjengelig fra: <http://aecmag.com/software-mainmenu-32/362-synchro-professional> (Hentet 5.31.17).

Synchroldt.com, (n.d). About Synchro Software.

Tiedemannsbyen, (n.d). Tilgjengelig fra: <http://www.tiedemannsbyen.no/> (Hentet 12.7.16).

Tjora, A., (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*, 2. utg. Gyldendal Akademisk, Oslo, Norway.

Vico Software, T.B.G., (n.d). Vico Office Suit. Tilgjengelig fra: <http://www.vicosoftware.com/bim-for-construction-software-products> (Hentet 6.1.17).



# VEDLEGG





# Intervjuguide – VDC i Skanska Norge AS

## Om VDC

Prosjektoppgaven jeg skriver dette semesteret er et forstudium til masteroppgaven som skal skrives på vårsemesteret. Prosjektoppgaven tar sikte på å

1. Kartlegge hva den vitenskapelige litteraturen og teorien definerer som Virtual Design & Construction (VDC) og
2. Å finne ut hva ansatte i Skanska forstår med VDC.

Kort oppsummert beskriver litteraturen at VDC er en samlebetegnelse, et paraplybegrep, for ulike samhandlingsverktøy, både digitale og virtuelle, for å bedre planlegging og samhandling mellom de ulike aktørene i en byggeprosess.

---

1. Hva forstår du med begrepet Virtual Design & Construction?

2. Hvilke metoder brukes i Skanska i dag, som du mener går under begrepet VDC?

*Utdype og forklare disse metodene. Eventuelt hvilke metoder/verktøy som har forbedringspotensial.*

3. Hvordan mener du disse metodene gir en effekt på effektiviteten i en byggeprosess?

4. Hvordan mener du disse metodene gir en effekt på kommunikasjonen mellom ulike parter i en byggeprosess?

5. Hvordan mener du disse metodene gir en effekt på forutsigbarheten i et byggeprosjekt?

6. Mener du at bruken av VDC gir en positiv effekt i en byggeprosess?

- På hvilken måte?

- Hvis nei, hva kan gjøres for at det vil gi en positiv effekt?

7. Ønsker du økt bruk av VDC i Skanska?



# Intervjuguide – 4D-Planlegging

Skanska

Masteroppgaven handler om 4D-planlegging, og hvordan dette gjennomføres og fungerer i praksis. Jeg ønsker å kartlegge både hvordan 4D-planlegging gjennomføres i Skanska, men også å høre hvordan implementeringen har påvirket arbeidshverdagen, effektiviteten og forutsigbarheten i prosjekter.

Det er ønskelig å gjøre opptak av intervjuene for at intervjuer skal kunne være mer fri og delta i samtalen. Dersom intervjuperson ikke ønsker dette, vil intervjuet gjøres skriftlig. Intervjuperson skal få være anonym dersom dette er ønskelig.

## Generelt:

- Hvilke erfaringer har du med 4D-planlegging?
- Hvordan har implementeringen av 4D-planlegging gått?
  - o Hva slags tilbakemeldinger får du?
  - o Hva slags innstilling har de som tar i bruk 4D-planlegging?
- Hva forventer du å oppnå med 4D-planlegging?
- Hvordan ser du for deg utviklingen med denne planleggings-metoden?
- Hvilke effekter har dette hatt på:
  - o Kommunikasjonen innad i prosjektet
  - o Effektiviteten
  - o Feil/omgjøringer
  - o Forutsigbarhet
  - o Arbeidshverdagen generelt?

## Gjennomføring:

- Hvordan brukes 4D-planlegging i Skanska i dag?
- Hvilke planleggingsteknikker brukes for å planlegge fremdriften?
- Hvordan foregår et planleggingsmøte?
  - o Hvem deltar?
  - o Hvordan ledes møtet?
  - o Er deltakerne aktive/passive i forhold til å planlegge egen fremdrift?

## VEDLEGG 2

- Hvem er representant for UE i møtene? (Prosjektleder, formann/bas?)

### BIM:

- Hvordan brukes BIM i planleggingen?
- Hvordan er modellen tilgjengelig for de ute på byggeplassen?
- Hvilke utfordringer møter man på i forhold til å bruke BIM direkte i planlegging?
- Hvordan er det med status på modellen, finnes det et system som erklærer en modell for å være klar arbeidstegning?
- På Ensjø-torg: Brukes BIM-kiosker?
- Finnes det utfordringer knyttet til dataformater og interoperabilitet?

### Generelt:

- Hva er største fordel med 4D-planlegging?
- Hva er ulempen med denne måten å planlegge på?
- Ønsker du denne måten å planlegge på i fremtiden?

# Intervjuguide – 4D-planlegging.

Oppdatert intervjuguide

Skanska

Masteroppgaven handler om 4D-planlegging, og hvordan dette gjennomføres og fungerer i praksis. Jeg ønsker å kartlegge både hvordan 4D-planlegging gjennomføres i Skanska, men også å høre hvordan implementeringen har påvirket arbeidshverdagen, effektiviteten og forutsigbarheten i prosjekter.

Det er ønskelig å gjøre opptak av intervjuene for at intervjuer skal kunne være mer fri og delta i samtalen. Dersom intervjuperson ikke ønsker dette, vil intervjuet gjøres skriftlig. Intervjuperson skal få være anonym dersom dette er ønskelig.

## Generelt:

- Hvilke erfaringer har du med 4D-planlegging?
- Hva tenker du om at Ensjø Torg skal være et 4D-prosjekt?
  - o Hvordan er innstillingen i prosjektteamet?
- Hva forventer du å oppnå med 4D-planlegging?
- Hvilke effekter tror du dette vil ha på:
  - o Kommunikasjonen innad i prosjektet
  - o Effektiviteten
  - o Feil/omgjøringer
  - o Forutsigbarhet
  - o Arbeidshverdagen generelt
- Hvordan vil innføringen av 4D-planlegging gagne fagarbeideren?
- Hvordan planlegges fremdriften? (Prosjektering/produksjon) (Gjøres det på ICE-møte?)
- Hva mener du karakteriserer en god plan?

## BIM:

- Hvordan brukes BIM i planleggingen?
  - o Hvilke utfordringer møter man på?
- Hvordan lages 4D-planen?
  - o Hvilken programvare benyttes?
  - o Lages det ulike planer/alternativer?

## VEDLEGG 3

- Hvordan er det med status på 3D-modellen? Hvordan vet man at den blir en arbeidstegning?
- Hvilke utfordringer møter man på i forhold til å bruke BIM direkte i planlegging?
- Finnes det utfordringer knyttet til dataformater, tilgjengelighet for prosjektdeltagere eller liknende?

### **Generelt:**

- Hvordan tror du innføring av 4D-planlegging vil påvirke den eksisterende VDC-prosessen?
- Hva er største fordel med 4D-planlegging?
- Hva er ulempen med denne måten å planlegge på?
- Tror du dette er fremtiden?