

Laleh Rezaei

Målinger i prosjekteringsprosessen

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Olav Torp

Juni 2021

Laleh Rezaei

Målinger i prosjekteringsprosessen

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Olav Torp

Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

I løpet av de siste årene har flere norske entreprenører tatt i bruk Virtual Design and Construction (VDC) for å øke produktiviteten i byggeprosjekter. VDC er et rammeverk som bygger videre på Lean-filosofien og har som mål å optimalisere byggeprosessen for mer hensiktsmessig tids- og ressursbruk. VDC handler om å planlegge og å gjennomføre prosjekter med bruk av innovative metodikker og verktøy som LPS, ICE, BIM og målinger. Målinger er et sentralt element i VDC-rammeverket og går ut på å evaluere hvordan prosjekter presterer. Selv om det finnes få studier om VDC-målinger, er det tydelig at målinger er viktige for å kunne forbedre praksis kontinuerlig.

Formålet med masteroppgaven er å undersøke hvordan målinger kan bidra til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen. Et delmål for oppgaven er å foreslå VDC-målinger som kan føre til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen. For å møte det eksisterende kunnskapshullet og besvare oppgavens problemstilling, er følgende tre forskningsspørsmål definert:

- Hva er forutsetningene for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen?
- Hva er hovedutfordringene knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen?
- Hvilke utfordringer i prosjekteringsprosessen kan møtes ved å måle prosjektene?

For å kunne besvare forskningsspørsmålene er det gjennomført en litteraturstudie, semistrukturerte intervjuer og en dokumentstudie. Masteroppgaven er skrevet i samarbeid med entreprenøren HENT AS. Oppgaven er avgrenset til entreprenørens perspektiv og tar for seg VDC-målinger som gjennomføres i prosjekteringsprosessen. Videre ser oppgaven bort i fra kontrakts- og entreprisereformer.

Oppgaven viser at målinger er et viktig virkemiddel for å effektivisere og øke kontrollen i prosjekteringsprosessen. Videre viser resultatene at forbedring i prosjekter ofte er nært knyttet til aktiv ledelse og kontroll. Målinger gir prosjekteringslederen muligheten til å forhindre avvik og feil ved å være proaktiv. Dessuten bidrar målinger til å identifisere årsaker til feil og mangler, slik at prosjekteringsgruppen kan lære av disse feilene. Oppgaven viser at gode målinger er viktig for å kunne planlegge, utføre, kontrollere og korrigere prosjekter. Derfor presenterer oppgaven ti forutsetninger for at målinger skal være nyttige i prosjekteringsprosessen.

Selv om Lean-tankegangens prinsipp om kontinuerlig forbedring og læring av feil er sentralt i VDC-rammeverket, er målinger i praksis både oversett og nedprioritert i prosjekteringsprosessen. Oppgaven kaster lys over syv hovedutfordringer knyttet til målinger og hvordan disse bør overvinnes. Sammen med manglende kunnskap og forståelse for VDC-rammeverket, er knapphet på tid og manglende digitale verktøy et av de største hindrene for å gjennomføre målinger kontinuerlig. Oppgavens funn indikerer at målinger må bli automatisert i størst mulig grad.

Oppgaven konkluderer med at målinger kan bidra til kontinuerlig forbedring, dersom de brukes til systematisk forbedringsarbeid gjennom Demings PDSA-sirkel (Plan, Do, Study, Act). PDSA er en iterativ metode for kontinuerlig forbedring, som systematiserer prosessen for å forbedre en aktivitet, opprette kvalitet eller løse et problem. Tanken er at mange små endringer vil gi store forbedringer over tid. For at målinger skal bidra til kontinuerlig

forbedring, er det derfor nødvendig med kontinuitet i arbeidet og god oppfølging av målingene. Det er anbefalt å bruke PDSA aktivt og inkludere de ulike aktørene i arbeidet med målinger, slik at man kan utvikle en kultur for problemløsning og kontinuerlig forbedring i prosjekteringsgruppen. Målinger og PDSA-metoden bidrar til en konstant læreprosess, og gjennom dette vil bedrifter være i stand til å videreføre gode praksiser. Til slutt er det anbefalt tretten VDC-målinger som kan møte aktuelle utfordringer i prosjekteringen.

Abstract

Over the last few years several Norwegian contractors have started using Virtual Design and Construction (VDC) to increase productivity in construction projects. VDC is a framework based on the Lean philosophy. It aims to optimize the construction process for more appropriate use of time and resources. VDC is about planning and executing projects using innovative methodologies and tools such as LPS, ICE, BIM, and metrics. Metrics are a key element in the VDC framework and involve evaluating the performance of construction projects. Although there are few studies on VDC metrics, it is clear that metrics are important for continuous improvement of practices.

The purpose of the master's thesis is to investigate how metrics can contribute to continuous improvement in the design process. A subgoal of the thesis is to propose VDC metrics that can lead to continuous improvement in the design process. In order to meet the existing knowledge gap and answer the problem of the thesis, the following three research questions are defined:

- What are the prerequisites for metrics to be useful for the design process?
- What are the main challenges associated with metrics in the design process?
- What challenges in the design process can be met by measuring the projects?

In order to answer the research questions, a literature study, semi-structured interviews, and a document study have been conducted. The master's thesis is written in collaboration with the contractor HENT AS. The task is limited to the contractor's perspective and deals with VDC metrics carried out in the design process. Furthermore, the thesis disregards contract and contract models.

The thesis shows that metrics are an important tool for streamlining and increasing control in the design process. Furthermore, the results show that improvement in projects is often closely linked to active management and control. Metrics provide the opportunity for project manager to prevent deviations and errors by being proactive. In addition, metrics help to identify the causes of errors and deficiencies, so that the design team can learn from these errors. The thesis shows that good metrics are important in order to plan, carry out, control and correct projects. Therefore, the thesis presents ten prerequisites for metrics to be useful in the design process.

Although the Lean principle of continuous improvement and learning from errors are central to the VDC framework, in practice metrics are both overlooked and downgraded in the design process. The thesis sheds light on seven main challenges related to metrics and how these should be overcome. Together with a lack of knowledge and understanding of the VDC framework, lack of time and lack of digital tools are one of the biggest obstacles to conducting metrics continuously. The findings of the thesis indicate that metrics must be automated to the greatest possible extent.

The thesis concludes that metrics can contribute to continuous improvement, if they are used for systematic improvement work through Deming's PDSA circle (Plan, Do, Study, Act). PDSA is an iterative method of continuous improvement, which systematizes the process of improving an activity, creating quality or solving a problem. The idea is that many small changes will bring major improvements over time. In order for metrics to

contribute to continuous improvement, it is therefore necessary to do measurements continuously and do follow-ups of the metrics. It is recommended to use PDSA actively and include the various roles in the work with metrics, so that one can develop a culture for problem solving and continuous improvement in the design team. Metrics and the PDSA method contribute to a constant learning process, and through this companies will be able to continue good practices. Finally, thirteen VDC metrics are recommended to meet current design challenges.

Forord

Denne masteroppgaven ble skrevet ved Institutt for bygg- og miljøteknikk (IBM) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) våren 2021. Arbeidet utgjør hele emnet TBA4910 Prosjektledelse, masteroppgave på 30 studiepoeng, og representerer det avsluttende arbeidet for det 5-årige masterprogrammet Bygg- og miljøteknikk.

Formålet med studien har vært å undersøke hvordan målinger kan bidra til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen. Gjennom dette arbeidet har jeg fått bedre forståelse og innsikt i VDC-rammeverket, fagfeltet prosjekteringsledelse og målinger i prosjekteringsprosessen.

Flere personer har bidratt med støtte og veiledning underveis i arbeidet med masteroppgaven. Jeg ønsker å rette en takk til min veileder fra instituttet, Olav Torp, for gode råd og innspill. I tillegg ønsker jeg å takke Camilla Fjærli, min kontaktperson i HENT AS, og Roar Fosse for å sette meg i kontakt med dyktige informanter. Informantenes villighet til å dele sine erfaringer og synspunkt vedrørende temaet jeg har undersøkt, har hatt stor betydning for arbeidet.

Avslutningsvis ønsker jeg å rette en takk til familien min og kjæresten min, Adrian, for god støtte gjennom hele studietiden. Jeg er takknemlig for fantastiske studievenner og fem fine år i Trondheim.

Trondheim, 25. juni 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized initial 'L' followed by the name 'Rezaei' in a cursive script.

Laleh Rezaei

Innhold

Sammendrag.....	v
Abstract.....	vii
Forord	ix
Figurer	xiii
Tabeller	xiv
Forkortelser.....	xv
1 Innledning	1
1.1 Tematisk bakgrunn.....	1
1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål	2
1.3 Avgrensninger	2
1.4 Leserveiledning.....	3
2 Metode.....	4
2.1 Forskningsmetode.....	4
2.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode	4
2.1.2 Triangulering	5
2.2 Valg av forskningsmetode	5
2.3 Litteraturstudie	7
2.3.1 Søk i databaser og søkemotorer	7
2.3.2 Kjedesøk.....	9
2.3.3 Evaluering av utvalgt litteratur	9
2.4 Intervju	10
2.4.1 Forberedelser	10
2.4.2 Gjennomføring.....	12
2.4.3 Etterarbeid.....	12
2.4.4 Analyse av intervjuer.....	13
2.5 Dokumentstudie.....	14
2.6 Resultatenes kvalitet	14
2.6.1 Reliabilitet.....	15
2.6.2 Validitet.....	15
2.6.3 Generaliserbarhet.....	15
2.6.4 Transparens	16
2.7 Evaluering av metodekvalitet	16
2.7.1 Litteraturstudie	16
2.7.2 Intervju	17
2.7.3 Dokumentstudie.....	18

2.8	Oppsummering	19
3	Teori.....	20
3.1	Prosjekteringsprosessen.....	20
3.1.1	Prosjektering	22
3.1.2	Prosjekteringsledelse	22
3.2	Prestasjonsmålinger	23
3.2.1	Måleindikatorer.....	24
3.2.2	Key Performance Indicators	25
3.2.3	Prestasjonsmålinger i byggeprosjekter	26
3.3	Lean Construction	27
3.3.1	Transformasjon, Flyt og Verdi	27
3.3.2	Last Planner System	30
3.3.3	Pull-planlegging	33
3.3.4	Kontinuerlig forbedring	34
3.4	VDC	36
3.4.1	Kundemålsetting og prosjektmål	37
3.4.2	BIM.....	38
3.4.3	ICE	40
3.4.4	PPM.....	42
3.4.5	Målinger	42
3.5	Anbefalte VDC-målinger i litteraturen.....	45
4	Resultater.....	48
4.1	Generelt om HENT AS.....	48
4.2	Prosjekteringsprosessen i HENT AS.....	48
4.2.1	Prosjekteringsplanlegging.....	49
4.2.2	Prosjekteringsmøter	51
4.2.3	BIM.....	53
4.2.4	Digitale verktøy	54
4.3	Utfordringer i prosjekteringsprosessen	55
4.3.1	Generelle utfordringer i prosjekteringsprosessen.....	55
4.3.2	Utfordringer knyttet til målinger	58
4.4	Dagens tilnærming til målinger i HENT AS.....	60
4.4.1	Hvorfor måle prosjekteringsprosessen?	61
4.4.2	ICE- og PPM-målinger	61
4.4.3	BIM-målinger.....	62
4.4.4	Målinger og digitale verktøy	64
4.5	Målinger som er foreslått på VDC-sertifiseringsprogram	64

5	Diskusjon	66
5.1	Hva er forutsetningene for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen?.....	66
5.2	Hva er hovedutfordringene knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen?	71
5.3	Hvilke utfordringer i prosjekteringsprosessen kan møtes ved å måle prosjektene?.....	77
6	Konklusjon.....	84
	Referanseliste.....	87
	Vedlegg	92

Figurer

Figur 1: Tidslinje for prosjekt- og masteroppgaven.....	7
Figur 2: Søkestrategi og -teknikk.....	9
Figur 3: Forskningsmetode- og strategi	19
Figur 4: Byggeprosessens faser og kjerneprosesser (Eikeland, 2001).....	20
Figur 5: Byggeprosessens delprosesser (Eikeland, 2001)	21
Figur 6: Transformasjon ifølge TFV-teorien (Koskela, 2000).....	29
Figur 7: Produksjon som en flytprosess (Koskela, 2000)	29
Figur 8: Gradvis detaljeringsgrad (Kalsaas, 2017).....	31
Figur 9: BØR-KAN-SKAL-UTFØRT i Last Planner (Kalsaas, 2017)	32
Figur 10: LPS-tavle.....	33
Figur 11: Et eksempel på hvordan milepæler og begrensninger merkes på LPS-tavle. ..	34
Figur 12: Demings PDSA-sirkel (NYIT, u.å.)	35
Figur 13: VDC-rammeverket (Naborczyk, 2021)	37
Figur 14: Tradisjonell informasjonsutveksling vs delt IFC-modell (Chen et al., 2005)....	39
Figur 15: Prosjekteringsaktiviteter og MMI-nivåer (Fløisbonn et al., 2018).....	40
Figur 16: ICE-basert prosjektering (Chachere et al., 2009).....	41
Figur 17: Oppsummering av VDC-rammeverket (Fischer et al., 2017).....	43
Figur 18: Planhierarkiet i HENT AS sine byggeprosjekter (HENT AS, 2020)	49
Figur 19: Det visuelle rommet – Big Room (HENT AS, 2020)	50
Figur 20: LPS-tavle (HENT AS, 2020)	51

Tabeller

Tabell 1: Masteroppgavens disposisjon	3
Tabell 2: Fremgangsmåte for å besvare forskningsspørsmålene	6
Tabell 3: Oversikt over søkeord og resultater	8
Tabell 4: Oversikt over gjennomførte intervjuer med informanter fra HENT AS.....	11
Tabell 5: Egenskaper ved KPI-er (Parmenter, 2015).....	25
Tabell 6: Ulike typer sløsing (Ohno, 1988, omtalt i Kalsaas, (2017)).....	28
Tabell 7: Kategorier av sløsing i prosjekteringsfasen (Koskela, 2000, 2004).....	34
Tabell 8: SMART-målformulering (Samset, 2014).....	38
Tabell 9: Eksempler på ulike typer mål og målinger.....	44
Tabell 10: Anbefalte målinger i litteraturen utarbeidet av (Belsvik, 2019)	45
Tabell 11: Forutsetninger for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen	67
Tabell 12: Hovedutfordringer knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen.....	71
Tabell 13: Anbefalte målinger for å løse sentrale utfordringer i prosjekteringsprosessen	85

Forkortelser

ARK	Arkitekt
BCF	BIM Collaboration Format
BH	Byggherre
BIM	Building Information Modeling (Bygningsinformasjonsmodellering)
CIFE	Center for Integrated Facility Engineering
FDV	Forvaltning, drift og vedlikehold
FS	Forskningsspørsmål
HENT	HENT AS
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IBM	Institutt for bygg- og miljøteknikk
ICE	Integrated Concurrent Engineering
IGLC	International Group for Lean Construction
ITB	Integrerte Tekniske Bygningsinstallasjoner
KPI	Key Performance Indicators (Nøkkelindikatorer)
KS	Kvalitetssikring
LCI	Lean Construction Institute
LPS	Last Planner System
MMI	Modell Modenhets Indeks
PDSA	Plan, Do, Study, Act
PPM	Project Production Management
PPU	Prosent Planlagt Utført
RIB	Rådgivende Ingeniør Bygg
RIE	Rådgivende Ingeniør Elektro
RIV	Rådgivende ingeniør varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk
TA	Task Anticipated
TFV	Tranformasjon, Flyt og Verdi
TMR	Task Made Ready
VDC	Virtual Design and Construction

1 Innledning

Dette kapittelet beskriver bakgrunnen for valg av masteroppgavens tema, samt problemstilling og forskningsspørsmål i forbindelse med arbeidet. Videre presenteres relevante avgrensninger for oppgaven og det gis en kort leserveiledning over hvordan oppgaven er strukturert.

1.1 Tematisk bakgrunn

Bygg- og anleggsbransjen har i flere år blitt kritisert for å ha lav produktivitet, samt at produktene som leveres har mange feil (Bartolomei, 2019; Knotten, 2018). Produktiviteten i bransjen har falt med 10% siden 2000-tallet, mens andre tilsvarende bransjer har økt produktiviteten med 30% (SSB, 2018). Økt kompleksitet i prosjektene, nye krav til energi og bærekraft, samt ny teknologi er utfordringer for produktivitet og kvalitet (Knotten, 2018). Ifølge Knotten (2018) må disse utfordringene løses tidlig i prosjekter, det vil si i fasene for prosjektutvikling og prosjektering.

Interessen for å øke produktiviteten i byggebransjen har vært stor de siste tiårene, både nasjonalt og internasjonalt. Flere metodikker har blitt introdusert for å imøtekomme utfordringene knyttet til produktivitet i bransjen. Eksempler på dette er Six Sigma, Total Quality Management, prestasjonsmålinger, Lean Construction og Virtual Design and Construction (VDC) (Andersen & Fagerhaug, 2002; Ballard, 2000; Beatham et al., 2004; Dahlgaard et al., 1997; Evans & Lindsay, 2013; Khanzode et al., 2006; Koskela, 2000; Kunz & Fischer, 2012).

Prestasjonsmåling er løpende oppfølging av nøkkelparametere underveis i et prosjekt for å avdekke mulige problemer eller god praksis som må videreføres (Andersen, 2020). Hensikten med prestasjonsmålinger er å fremskaffe data og informasjon som prosjekteringsgruppen kan benytte for å reflektere over prosjektets arbeidsmåter og resultater (Andersen & Fagerhaug, 2002). Gjennom prestasjonsmålinger vil det være enklere å identifisere styrker og svakheter ved prosjektet. Målinger benyttes blant annet til å evaluere suksess og som en metode for kontinuerlig forbedring i byggeprosjekter. «If you can't measure it, you can't improve it» er et kjent utsagn fra Peter Drucker som understreker viktigheten av målinger for kontinuerlig forbedring (Landet et al., 2017).

Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University utviklet VDC-rammeverket i 2001, for at den skulle ta seg av noen av de underliggende årsakene som påvirket produktiviteten i byggebransjen (Khanzode et al., 2006). VDC handler om å optimalisere byggeprosjekter ved bruk av verktøy og metodikker for mer hensiktsmessig tids- og ressursbruk. Rammeverket består av fem hovedelementer: Kundemålsetting og prosjektmål, BIM+, prosess- og produksjonsledelse (PPM), samprosjektering (ICE) og målinger (Kunz & Fischer, 2012). I de siste årene har flere norske bedrifter implementert VDC for å forbedre prosjektenes produktivitet (Fosse et al., 2017; Knotten & Svalestuen, 2014).

Det finnes mye litteratur om prestasjonsmålinger i byggeprosjekter (Bassioni et al., 2004; Beatham et al., 2004; Chan & Chan, 2004; Haponava & Al-Jibouri, 2012; Landet et al., 2017). Det finnes også en del publikasjoner om VDC, særlig i tilknytning til Lean Construction (Fosse et al., 2017; Khanzode, 2010; Khanzode et al., 2006; Knotten & Svalestuen, 2014; Kunz & Fischer, 2012; M. G. Mandujano et al., 2015). Imidlertid eksisterer det et kunnskapshull når det kommer til kombinasjonen av VDC og målinger (Belsvik et al., 2019). Til tross for at målinger er et av hovedelementene i VDC-rammeverket, er litteraturen om dette temaet begrenset. Dette indikerer at målinger har fått lite oppmerksomhet i forskningen.

Høsten 2020 gjennomførte Rezaei (2020) et forprosjekt om utfordringer med dagens gjennomføring av VDC i prosjektering. Forprosjektet avdekket at målinger ofte overses og nedprioriteres i prosjekteringsprosessen, selv om entreprenører har nytte av målinger for å kunne forbli konkurransedyktig i dagens byggebransje. Forprosjektet konkluderte med at målinger oppleves som mer krevende enn givende for prosjekteringsledere, og at det setter en stopper for prinsippet om kontinuerlig forbedring.

1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Masteroppgaven har som formål å undersøke hvordan målinger kan bidra til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen. Hovedfokuset i oppgaven er målinger tilknyttet VDC-rammeverket. Gjennom arbeidet er det satt et delmål om å anbefale målinger som kan føre til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen. En forutsetning for å nå målene med masteroppgaven er å skape en bedre forståelse og god dybdeinnsikt i målinger i VDC-rammeverket. Problemstillingen for oppgaven er:

Hvordan kan målinger bidra til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen?

For å besvare problemstillingen og oppnå formålet med masteroppgaven har det blitt formulert tre forskningsspørsmål:

FS1) Hva er forutsetningene for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen?

I litteraturen har målinger både blitt hyllet og kritisert. Hensikten med forskningsspørsmålet er å opparbeide grunnleggende forståelse for hva som skal til for at målinger skal oppleves som nyttige for prosjekteringsprosessen.

FS2) Hva er hovedutfordringene knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen?

Dette forskningsspørsmålet skal undersøke hvordan målinger har blitt gjennomført til nå, og identifisere sentrale utfordringer knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen. Ved å identifisere utfordringer i tidligere prosjekter, vil man kunne gjøre en vurdering på hvilke måter prosessen kan optimaliseres og forbedres.

FS3) Hvilke utfordringer i prosjekteringsprosessen kan møtes ved å måle prosjektene?

Hensikten med forskningsspørsmålet er å kaste lys over utfordringer i prosjekteringsprosessen som kan møtes ved å måle prosjektene og evaluere prosessene. Dette skal danne et grunnlag for å kunne foreslå ett sett med målinger til prosjekteringsprosessen.

1.3 Avgrensninger

Masteroppgaven har en begrenset varighet på 21 uker, derfor er det gjort noen nødvendige avgrensninger for å kunne belyse temaet og besvare problemstillingen.

Opgavens hovedfokus er målinger tilknyttet VDC-rammeverket. Det er lagt mindre vekt på andre VDC-elementer som PPM, ICE og BIM. Både VDC som helhet og de ulike arbeidsmetodikkene er likevel blitt presentert. Dette er fordi måling av hvordan et prosjekt presterer i de ulike VDC-elementene er avgjørende for å kunne planlegge, utføre, kontrollere og korrigere prosjekter.

Oppgaven går heller ikke dypt inn på litteraturen innenfor prestasjonsmålinger i byggebransjen, men introduserer de viktigste momentene innenfor fagfeltet.

I denne oppgaven er det kun målinger som gjennomføres i prosjekteringsprosessen som er undersøkt. Det antas at leseren har god oversikt over byggeprosessen og har basiskunnskap om tradisjonell prosjektering. Mens prosjekteringsfasen er definert fra skisseprosjekt til slutten av detaljprosjekteringen, er prosjekteringsprosessen definert fra skisseprosjekt til slutten av byggefasen. Bakgrunnen for det er at prosjektering og produksjon ofte overlapper i dagens byggeprosjekter.

Videre er oppgaven begrenset til entreprenørperspektivet. Det er sett bort i fra både byggherrens og rådgivernes perspektiv og oppfatning av målinger i prosjekteringsprosessen. Det er valgt å ikke fokusere spesielt på kontrakts- og entrepriseformer. Likevel er det viktig å nevne at de fleste byggeprosjekter som benytter Lean-prinsipper og VDC-rammeverket i dag, gjennomføres som totalentreprise eller samspill til totalentreprise. Selv om det er utført en studie av én entreprenør, vil resultatene i stor grad være overførbare til andre entreprenører som opplever lignende utfordringer.

1.4 Leserveiledning

Masteroppgaven er inndelt i seks kapitler, hvor hvert kapittel har egne formål. Tabell 1 viser kort hva de ulike kapitlene inneholder.

Tabell 1: Masteroppgavens disposisjon

Kapittel	Beskrivelse
Innledning	Kapittel 1 tar for seg bakgrunn for oppgavens tema, problemstilling, forskningsspørsmål og avgrensninger knyttet til oppgavens omfang.
Metode	Kapittel 2 gjør rede for hvilke arbeider og vurderinger som er gjort i forbindelse med oppgaven. I dette kapitlet argumenteres det for valg av metode og hvordan disse skal bidra til å besvare forskningsspørsmålene. Kapitlet beskriver teori og fremgangsmåte for metodene som er tatt i bruk i forbindelse med innhenting av data. Til slutt gjøres det en evaluering av oppgavens metode.
Teori	Kapittel 3 presenterer relevant teori og forskning som har blitt identifisert i litteraturstudiet.
Resultat	Kapittel 4 presenterer funn fra intervjuer og dokumentstudier.
Diskusjon	I kapittel 5 diskuteres funnene fra resultatkapitlet opp mot teorien fra teorikapitlet. Forskningsspørsmålene diskuteres i lys av teori og empiriske funn.
Konklusjon	I kapittel 6 vil formålet med oppgaven bli realisert ved at problemstillingen blir besvart. Det foreslås en liste over målinger som har til hensikt å møte hovedutfordringene i prosjekteringsprosessen for byggeprosjekter. Til slutt presenteres forslag til videre arbeid på bakgrunn av funnene i oppgaven.

2 Metode

Metodekapittelet har som hensikt å gi innsikt i relevant metodeteori og reflektere over metodevalgene som er tatt for å besvare forskningsspørsmålene i denne oppgaven. Kapittelet er viktig for å sikre oppgavens reliabilitet og validitet. Formålet er å gi leseren innblikk og innsikt i hvordan det vitenskapelige arbeidet har foregått, hvilke valg som ble tatt og hvilken virkning valgene hadde på oppgaven. Til slutt er det gitt en vurdering av metodekvaliteten og troverdigheten av forskningsmetodene som er benyttet.

2.1 Forskningsmetode

Forskningsmetode betegnes som fremgangsmåten som brukes for å fremskaffe kunnskap eller etterprøve hypoteser og påstander (Dalland, 2012). Metoden er dermed redskapet som brukes for å samle data som skal brukes for å produsere et forskningsresultat. Ulike fremgangsmåter vil ha forskjellig egnethet med tanke på hva forskningsprosjektet ønsker å oppnå (Dalland, 2012). Ved innsamling av data kan tilnærmingen til innsamlingsprosessen være avgjørende for om man får tak i tilstrekkelig og riktig type data. Valg av type verktøy bør dermed i stor grad baseres på problemet som skal løses, selv om faktorer som tid, tilgjengelighet og gjennomførbarhet også må vektas (Dalland, 2012). Avhengig av ønsket type informasjon står valget mellom kvantitativ- og kvalitativ metode.

2.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode

De to hovedretningene for å innhente eller skape informasjon i forbindelse med forskning er kvalitativ og kvantitativ metode. Det er vesentlige ulikheter i hvordan forskningen legges opp i de kvalitative og kvantitative metodene (Thagaard, 2013). Generelle kjennetegn på kvalitative metoder er at de fremhever innsikt og forståelse, mens de kvantitative metodene fremhever oversikt og forklaring (Tjora, 2017). Kvalitative metoder søker å gå i dybden og vektlegger betydning, mens kvantitative metoder vektlegger utbredelse og antall (Thagaard, 2013).

Kvantitative metoder gir data i form av målbare enheter (Dalland, 2012). Denne metoden utforsker et problem gjennom en beskrivelse av trender mellom variabler. Variablene kan uttrykkes i tallverdier, og datamaterialet kan beskrives med tabeller, grafiske figurer eller statistiske mål (Befring, 2015). Hypoteser og forskningsspørsmål er ofte spesifikke, smale, målbare og observerbare (Befring, 2015). I kvantitative metoder brukes det gjerne mange informanter og relativt få spørsmål. Metoden kjennetegnes altså ved bruk av et relativt stort utvalg, men med en mindre datamengde per enhet (Samset, 2014). Spørreundersøkelser er et eksempel på en av de mest anvendte metodene innenfor kvantitativ forskning. Ofte har kvantitative metoder generalisering og samsvar som mål (Grønmo, 2004).

I motsetning til de kvantitative metodene, tar de kvalitative metodene sikte på å fange opp meninger og opplevelser som ikke lar seg tallfeste eller måle (Dalland, 2012). Innsamling av data er ofte basert på et lite av utvalg individer for å fange opp individuelle synspunkter og meninger (Tjora, 2017). Innsamling av data skjer gjennom intervjuer, observasjoner eller dokumenter som analyseres. Formålet er å se helheten og øke forståelsen for temaet som det ønskes å frembringe kunnskap om. Ved hjelp av kvalitative metoder kan forskeren gå i dybden på et smalt felt. Slike metoder er nyttig for tema man ikke har forhåndskunnskaper om. Forskeren har ofte direkte

kontakt med informantene, og dermed må forskeren erkjenne egen delaktighet og påvirkning på informantene. En utfordring ved den kvalitative metoden er etterprøvbareheten med tanke på datainnsamlingen og analysen. Det er ofte lite grad av etterprøvbarehet i kvalitative metoder (Thagaard, 2013).

Grønmo (2004) fremhever at kvalitative studier er preget av nærhet og sensitivitet i relasjon til kildene, mens kvantitative studier er preget av større avstand mellom forsker og kildene som anvendes. Kvantitative metoder vil i hovedsak være mer objektiv i dataanalysen enn kvalitative metoder, fordi det er mindre kontakt mellom de som utfører forskningen og datakildene. Forskeren ser fenomenet utenfra, og tilstreber nøytralitet og avstand (Dalland, 2012). Grønmo (2004) understreker at fremgangsmåten til kvantitative undersøkelsesopplegg er preget av sterk strukturering, noe som kan være en fordel siden resultatet av forskningen vil være enklere å etterprøve. Kvantitativ metode er likevel ikke objektiv i alle sammenhenger. Forskeren vil for eksempel ikke kunne verifisere hvorvidt informantene har tolket spørsmålene i en spørreundersøkelse riktig. Ved kvantitativ tilnærming vil informasjon kategoriseres og struktureres i forkant av datainnsamlingen, mens ved kvalitativ tilnærming skjer dette i etterkant.

2.1.2 Triangulering

Da kvalitative og kvantitative tilnærminger i hovedsak gir ulike typer data, kan det være fordelaktig ved å kombinere begge to metodene innenfor samme type forskningsprosjekt (Thagaard, 2013). På grunn av deres ulikheter er disse to metodekomplementære, og viktig for en bred og sammensatt forskning. En metode som kan tas i bruk for å sikre pålitelige forskningsresultater og -konklusjoner er triangulering. Metodetriangulering innebærer at bestemte fenomener studeres fra ulike synsvinkler og synspunkter, og at problemstillingen belyses ved hjelp av forskjellige metoder (Grønmo, 2004). Ved å triangulere har forskeren muligheten til å få en bedre og utvidet forståelse av fenomenet det forskes på. Hensikten med triangulering er å utnytte at ulike metoder har sterke og svake sider, og dermed forsøke å spille på styrkene til disse metodene.

2.2 Valg av forskningsmetode

Valg av metode er svært viktig, da det danner grunnlaget for å kunne besvare oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Ifølge Tjora (2017) bør valg av forskningsmodell gjenspeile hva man ønsker å finne ut, og arbeidet bør være transparent, etterprøvbart, pålitelig, relevant og generaliserbart. Med bakgrunn i oppgavens problemstilling som er som er å utforske hvordan målinger kan bidra til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen, er det nødvendig med kunnskap som baserer seg på erfaringer og holdninger i byggebransjen. Oppgaven søker praktisk kunnskap og erfaringer, samt evalueringer rundt temaet målinger.

Masteroppgavens tema og innfallsvinkel har vært bestemmende for valg av metodisk tilnærming. Denne oppgaven skrives i samarbeid med den norske entreprenøren HENT AS. En forutsetning for å nå formålet med oppgaven er å få bedre forståelse og god dybdeinnsikt i målinger i prosjekteringsprosessen, noe som gjør at det er rom for tolkninger av sammenhenger. Grønmo (2004) mener at tolkningsmuligheter er en sentral forskjell mellom kvantitative og kvalitative metoder. I motsetning til kvantitative metoder, gir kvalitative metoder gode muligheter for relevante tolkninger. I denne oppgaven vil subjektive data i form av refleksjoner, betraktninger og erfaringer være svært verdifulle. Ifølge Tjora (2017) vil dialogen mellom forsker og informant ved kvalitativ forskning bidra til å innhente refleksjoner og data som ikke er mulig å plukke opp av en kvantitativ forskning.

Grønmo (2004) understreker at en kvalitativ metode egner seg for studier av temaer som det er gjort lite forskning på tidligere, og hvor det samtidig stilles krav til åpenhet og fleksibilitet. Med fleksibilitet menes at opplegget kan endres i løpet av undersøkelsesprosessen, og tilpasses erfaringer og nye utfordringer som oppstår underveis (Thagaard, 2013). Kvalitative metoder er derfor foretrukket som forskningsmetode i denne oppgaven. Valgte forskningsmetoder er:

- Litteraturstudie
- Intervju
- Dokumentstudie

Andre alternative forskningsmetoder kunne ha vært observasjonsstudier av ICE-møter, fokusgruppeintervju med ulike prosjekteringsgrupper og casestudie av ett par prosjekter. Disse metodene er også kvalitative og hadde gitt relevante data til formålet. Årsaken til at ingen av de alternative metodene ble valgt, er begrensningene knyttet til covid-19-pandemien og ressurser tilgjengelig. Begrensninger angående tid og ressurser har også vært avgjørende, da denne masteroppgaven skrives av én person. Tabell 2 viser hvordan de ulike forskningsspørsmålene ble forsøkt besvart.

Tabell 2: Fremgangsmåte for å besvare forskningsspørsmålene

Forskningsspørsmål	Besvart gjennom
FS1) Hva er forutsetningene for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen?	<ul style="list-style-type: none"> • Litteraturstudie om prestasjonsmålinger, Lean Construction og VDC-målinger • Intervjuer om hva som kjennetegner gode målinger og god praksis
FS2) Hva er hovedutfordringene knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen?	<ul style="list-style-type: none"> • Litteraturstudie om prestasjonsmålinger, Lean Construction og VDC-målinger • Intervjuer om utfordringer knyttet til målinger
FS3) Hvilke utfordringer i prosjekteringsprosessen kan møtes ved å måle prosjektene?	<ul style="list-style-type: none"> • Litteraturstudie om prestasjonsmålinger, Lean Construction og VDC-målinger • Intervjuer om utfordringer knyttet til prosjekteringsprosessen • Studie av dokumenter fra VDC-sertifiseringsprogrammet

Figur 1 viser tidslinjen for prosjekt- og masteroppgaven, fra høsten 2020 til våren 2021. I forbindelse med prosjektoppgaven ble det gjennomført et litteraturstudie høsten 2020 (Rezaei, 2020). Litteraturstudiet ble spisset inn ytterligere ved å gå i dybden av målinger under arbeidet med masteroppgaven. Litteraturstudiet ble benyttet for å finne frem til relevant og kvalifisert litteratur innen fagfeltet. Dessuten ble det brukt som grunnlag for å diskutere funn fra den kvalitative datainnsamlingen. Intervjuer ble valgt for å komme i kontakt med nøkkelpersoner som kan dele sine erfaringer og meninger om målinger i prosjekteringsprosessen. Data fra intervjuer ble brukt til sammenligning med eksisterende teori, og ble videre diskutert for å kunne svare på oppgavens problemstilling. Dokumentstudiet ble hovedsakelig brukt for å få bedre innsikt i HENT sine prosedyre og for å få et riktig bilde av vanlig praksis i HENT. Hensikten med å benytte disse tre metodene er å oppnå triangulering. Datainnsamlingen danner grunnlaget for å besvare oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål.



Figur 1: Tidslinje for prosjekt- og masteroppgaven

2.3 Litteraturstudie

Høsten 2020 ble det gjennomført et litteratursøk og litteraturstudie som en del av emnene TBA4128 – Prosjektledelse VK og TBA4531 – Prosjektledelse, fordypningsprosjekt. Litteratursøket var rettet mot temaet VDC og prosjekteringsledelse. Kilder til litteraturstudiet ble hentet gjennom systematiske søkemetoder i ulike databaser. I tillegg er det gjort et litteraturstudie våren 2021, og dette er en utvidelse av det litteraturstudiet som ble gjort i første omgang. Fokuset for litteraturstudiet på våren er målinger i prosjekteringsfasen av byggeprosjekter. Litteraturstudiene er blitt gjennomført og vurdert på samme måte begge semestrene.

2.3.1 Søk i databaser og søkemotorer

Arksey og O'Malley (2005) mener at litteraturstudier tar sikte på å kartlegge nøkkelkonseptene som ligger til grunn for et forskningsområde og bevisene som er tilgjengelige. Rammeverket for dette litteraturstudiet har feste i Arksey og O'Malleys «Scoping studies: towards a methodological framework». Her presenteres det en stegvis modell for å gjøre et rekkeviddesøk (eng: scoping study), hvor målet er å kartlegge tilgjengelig litteratur, hovedkilder og konsepter på en effektiv måte. Den stegvise fremgangen er som følger:

1. Identifisere problemstilling og forskningsspørsmål
2. Identifisere relevant litteratur
3. Utvalgelse av litteratur
4. Kartlegge funn fra litteraturen
5. Samle, oppsummere og rapportere resultatene
6. Høring/validering (valgfritt punkt som kan erstattes med en diskusjon)

Etter at problemstilling og forskningsspørsmål ble bestemt startet arbeidet med innhenting av litteratur. Relevant litteratur er hentet fra vitenskapelige artikler, forskningsrapporter, bøker, tidsskrifter og internettartikler. Følgende søkemotorer ble benyttet for å finne litteratur:

- Oria, NTNU universitetsbiblioteket
- ASCE Library
- Compendex
- Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)
- International Group for Lean Construction (IGLC)
- Google Scholar

Tilgangen til internettsystemet på NTNU universitetsbibliotek er i hovedsak blitt benyttet for å søke etter litteratur. Oria ble hovedsakelig brukt for å studere norske kilder, for det meste tidligere masteroppgaver og doktorgradsavhandlinger ved NTNU. Tidlig i litteratursøket ble Google Scholar benyttet for å få oversikt over de mest siterte artiklene. ASCE Library og Compendex er andre akademiske databaser som ble undersøkt. Her ble det satt en tidsavgrensning på søket til å gjelde litteratur i tidsrommet 2000-d.d., da nyere forskning ble prioritert for å danne et bilde av situasjonen i dag. Mange viktige artikler ble hentet fra IGLC som publiserer relevante artikler med tematikker som Lean, VDC og digitalisering. CIFE ved Stanford University, som er verdensledende innen forskning som omhandler VDC, ble også brukt for å hente informasjon om Lean, VDC og målinger. IGLC og CIFE er svært relevante og pålitelige for litteratur om og rundt temaet VDC. Derfor ble forskning publisert i disse to anerkjente publiseringskanalene prioritert.

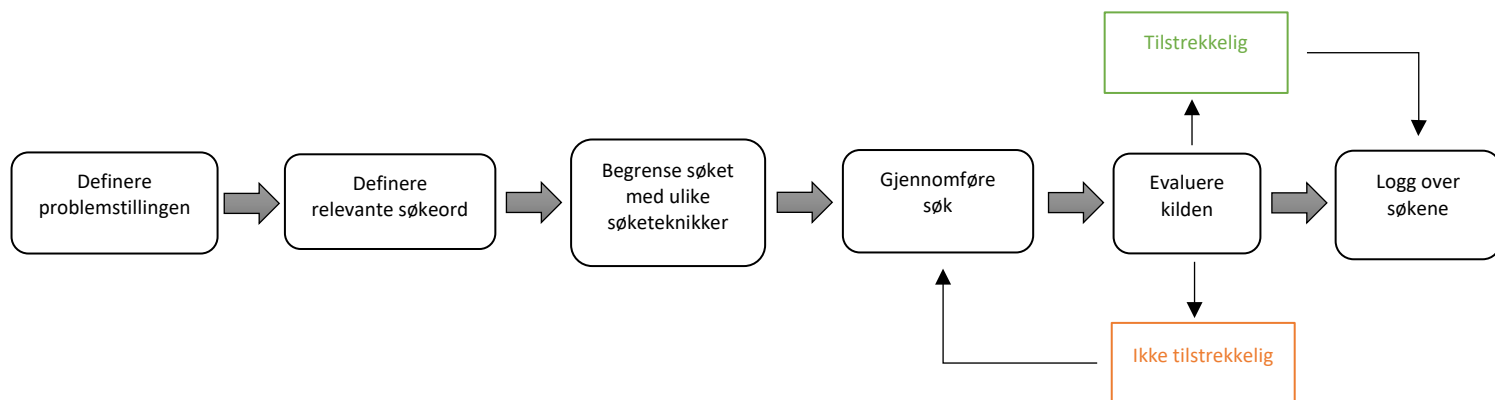
Med utgangspunkt i problemstillingen og tidligere kunnskap om temaet, ble relevante nøkkelord valgt for å søke etter faglitteratur. Nøkkelord som «Virtual Design and Construction», «metrics» og «Building design management» ble benyttet. Det ble valgt å benytte både engelske og norske nøkkelord for å ikke utelukke verdifull forskning. Litteratursøket er begrenset ved hjelp av boolsk søketeknikk og de ulike søkefunksjonene i hver database. Boolsk søketeknikk er kombinasjonssøking, hvor man kan begrense søket ved å bruke boolske operatører mellom søkeordene. Eksempler på disse er: AND, OR, NOT, ?, !, og *. Det har vært nødvendig å kombinere nøkkelord og filtrere resultater for å kunne finne en håndterbar mengde med kilder. En logg over søkene bidro til å ha god kontroll over søkehistorikken. Tabell 3 viser en del av søkematrisen.

Tabell 3: Oversikt over søkeord og resultater

Søkeord	Antall treff			
	Google Scholar	Oria	ASCE Library	Compendex
"Virtual Design and Construction" OR "VDC"	185 000	31 848	303	5 126
"Virtual Design and Construction" OR "VDC" AND "Metrics"	12 900	1 985	129	156
"Virtual Design and Construction" OR "VDC" AND "Metrics" AND "Building design management"	34	584	119	145
"Metrics" AND "Performance measurement"	131 000	33 394	390	1 341
"Lean Construction" AND "Metrics" OR "Performance measurement"	5 380	139 696	3 736	15 849
"Lean Construction" AND "Virtual Design and Construction" OR "VDC" AND "Metrics" AND "KPI"	50	108	29	16
"Lean Construction" AND "Virtual Design and Construction" OR "VDC" AND "Metrics" AND "Building design management"	31	88	28	16

For hvert nøkkelord ble søkene gjennomført i forsknings- og bibliotekbasene. Etter at kilden ble evaluert og ansett som tilstrekkelig baser på kriterier forklart i kapittel 2.3.3, ble det ført logg over

funnene. Der dette ikke var tilfellet, ble nye søk med nye kombinasjoner gjennomført. Denne prosessen ble gjentatt helt til funnene ble vurdert til å være relevante og ha god kvalitet. Figur 2 illustrer søkestrategien.



Figur 2: Søkestrategi og -teknikk

2.3.2 Kjedesøk

Mange kilder ble funnet gjennom kjedesøk (eng: citation chaining), som er en metode der litteratur har blitt identifisert gjennom referanser og siteringer i aktuelle kilder. Det skiller mellom backward og forward citation chaining, som også er kjent som backward and forward snowballing (Wohlin, 2014). Denne metoden handler om å finne litteratur ved å se i referanselista til en relevant publisering, eller eventuelt å se på litteratur som har sitert den relevante publiseringen. Kjedesøk er altså iterative metoder for å finne litteratur med tilknytning til publiseringer man allerede har vurdert som relevante. Både backward og forward snowballing ble benyttet i denne oppgaven.

Før man utfører snowballing må man vurdere kilder til et «start set of papers» (Wohlin, 2014). Det er viktig å sørge for at et mangfold av forskere og forskningsarbeid, utgitt i forskjellige årstall og publiseringskanaler inkluderes i start-settet (Wohlin, 2014). Masteroppgaver skrevet innen prosjektledelse på NTNU anses som svært troverdige, da de er kvalitetssikret av veiledere ved Institutt for bygg og miljøteknikk (IBM). Forfatterne av disse masteroppgavene har trolig vært gjennom et omfattende litteratursøk og kvalitetssikret sine kilder. Referanselistene til masteroppgaver er derfor nyttige utgangspunkt for snowballing. Publiseringer som er sitert mange ganger kan også antas å være aktuelle, selv om mange siteringer ikke nødvendigvis er en indikasjon på kvalitet. En ulempe med backward snowballing er at kildene er gjerne eldre publiseringer, og kan derfor være utdaterte.

2.3.3 Evaluering av utvalgt litteratur

Ifølge Everett og Furseth (2012) er å velge kildene med omhu nøkkelen til å samle inn god informasjon. I dette litteraturstudiet ble først informasjon om publiseringens innhold vurdert. Metode for prekvalifisering av litteratur tok for seg vurdering av tittel, nøkkelord, abstrakt/sammendrag, introduksjon, publiseringsdato, antall siteringer og hvorvidt publiseringen er fagfellevurdert. Dersom én eller flere av disse punktene ble vurdert som ikke tilstrekkelige, ble publiseringen forkastet.

Etter prekvalifiseringen ble publiseringene evaluert ved hjelp TONE-prinsippet. Det innebærer at publiseringen bedømmes ut fra kriteriene troverdighet (T), objektivitet (O), nøyaktighet (N) og

egenhet (E) (NTNU Universitetsbiblioteket, u.å.). Dersom en publikasjon kan svare på samtlige punkter etter en kritisk gjennomgang, står den tryggere som en sikker kilde (NTNUbibliotek, 2017).

Troverdigheten til en kilde sier noe om sikkerheten til kilden. Dette kriteriet stiller krav til forfatteren og utgiveren av publikasjonen. Forfatterens utdanning, stilling og institusjonstilknytning er viktige parametere som må gjennomgås. Det er undersøkt om forfatteren er anerkjent innen fagfeltet og om publikasjonen er fagfellevurdert før publisering. Troverdigheten ble også vurdert på bakgrunn av hvor den er publisert. Troverdigheten til publikasjonen øker når utgiveren er en respektert og anerkjent institusjon eller organisasjon.

Objektivitet handler om nøytraliteten til kilden, og hvordan dataene i publikasjonen presenteres. Publikasjonen ble vurdert basert på hensikten til forfatter og bidragsyttere. Er målet med publikasjonen å informere eller å overbevise? Dersom forfatteren er veldig partisk eller lar være å belyse flere sider av en sak er kilden subjektiv. Det er viktig å sjekke om det finnes noe interessekonflikt, og om private aktører har bidratt finansielt i arbeidet med publiseringen. Publikasjoner med forfattere som er ansatt ved universiteter og andre offentlige institusjoner er ofte foretrukket av hensyn til objektivitet.

Graden av nøyaktighet handler om forskningen som ligger bak kilden, og sier noe om hvor godt forskningsmetoder og resultater er presentert. Dette kriteriet tar også for seg publikasjonens aktualitet, struktur, kildehenvisninger og språk. Består informasjonen av fakta eller meningsyttringer? Det er viktig at forfatteren har diskutert egne funn og data på en kritisk måte. Dessuten må publikasjonen ha en referanseliste som viser at forfatteren har forsket på emnet.

Til slutt ble egnetheten til kilden vurdert. Egnethetskriteriet er en vurdering av hvorvidt kilden passer til formålet, og om publikasjonen kan brukes i videre arbeid. Ved å se på hvilket område av forskningstemaet publikasjonen dekker og hvem som er målgruppen for publikasjonen, kan man vurdere om kilden er relevant for eget informasjonsbehov.

2.4 Intervju

Intervjuer er den mest utbredte datagenereringsmetoden innenfor kvalitativ forskning (Tjora, 2017). Intervjuer kan utføres på ulike måter etter behov og vil være situasjonsbestemte. Intervjuer kan deles inn i tre grupper basert på struktur: Strukturerte intervjuer, semistrukturerte intervju og ustrukturerte intervjuer (Tjora, 2017). I denne oppgaven har semistrukturerte intervjuer i hovedsak blitt benyttet for å samle inn data. Hensikten med semistrukturerte intervjuer er å la informanten komme med egne erfaringer og tanker, og gjerne reflektere over egne erfaringer og meninger knyttet til det aktuelle temaet.

2.4.1 Forberedelser

Ifølge Dalland (2012) bør valg av intervjupersoner være et strategisk valg. Det er forsøkt å intervju nøkkelpersoner med kunnskap og erfaring fra prosjekteringsfasen og VDC for å gi oppgaven troverdig, nøyaktig og egnet informasjon. I den tidlige fasen av forskningsarbeidet ble det valgt å intervju informanter som har ulike roller i HENT AS. Dette er for å gi et helhetlig bilde av erfaringer som deltakende i prosjekteringsfasen har gjort seg, men også for å få et bedre innblikk i entreprenørens arbeidshverdag. Personer med mange års arbeidserfaring ble foretrukket.

Veiledere i HENT bisto med å finne relevante informanter og kontakter som hadde de ønskede kvalifikasjonene, og som viste interesse for å stille til intervju. Informantene har ulike sentrale roller i HENT, arbeidserfaring og utdanning. Felles for alle er at de har vært med på flere store og små byggeprosjekter i Norge. Informantene har erfaring fra både totalentreprise og samspillsentreprise. Samlet sett ga informantene et godt bilde av de faktiske forholdene i de ulike byggeprosjektene som HENT er involvert i. Det ble gjennomført totalt 18 intervjuer med 15 informanter i forbindelse med forskningsarbeidet det siste året. Tabell 4 viser en oversikt over informantene fra HENT som ble intervjuet i forbindelse med forskningsarbeidet, i samme rekkefølge som intervjuene ble gjennomført. Informantene som viste seg å være særdeles interessante for oppgaven ble intervjuet flere ganger. Informantene fra HENT er ikke navngitt, og prosjektrollene deres er forenklet til kun prosjekteringsleder og BIM-koordinator av hensyn til anonymitet.

Tabell 4: Oversikt over gjennomførte intervjuer med informanter fra HENT AS.

#	Prosjektrolle	Arbeidserfaring	Dato for intervju
1	Prosjekteringsleder	15-20 år	18.11.2020 15.02.2021
2	Prosjekteringsleder	5-10 år	19.11.2020
3	Prosjekteringsleder	25-30 år	20.11.2020
4	Prosjekteringsleder	10-15 år	24.11.2020
5	Prosjekteringsleder	20-25 år	24.11.2020 15.02.2021
6	BIM-koordinator	5-10 år	10.03.2021
7	Prosjekteringsleder	15-20 år	11.03.2021
8	BIM-koordinator	15-20 år	11.03.2021
9	BIM-koordinator	15-20 år	15.03.2021
10	Prosjekteringsleder	20-25 år	17.03.2021
11	BIM-koordinator	10-15 år	22.03.2021
12	Prosjekteringsleder	20-25 år	23.03.2021
13	Prosjekteringsleder	20-25 år	24.03.2021 13.04.2021

Videre ble Roar Fosse, avdelingsdirektør i Statsbyggs Prosjektsenter, intervjuet da han har jobbet med implementering av Lean og VDC i Norge i flere år. Fosse er mentor for VDC-sertifiseringsprogrammet som NTNU arrangerer i samarbeid med Stanford Center for Professional Development. Forfatteren fikk muligheten til å delta på to VDC-rapporteringsmøter og observere kursdeltakere. Gjennom Fosse ble forfatteren også introdusert til Tulika Majumdar som er ph.d.-student ved Stanford University. Majumdar, som har professor Martin Fischer som veileder, forsker på hvilke målinger og faktorer som mest påvirker utfallet av VDC implementering. Naturligvis ble Majumdar intervjuet, og forfatteren fikk muligheten til å diskutere masteroppgaven med henne.

Det ble sendt forespørsel om intervju til intervjuobjektene via mail. Forespørselen inneholdt informasjon om intervjueren, masteroppgavens problemstilling og forskningsspørsmål, og rammene for intervjuet. Det ble avtalt digitalt møte over Microsoft Teams med hver enkel informant. Intervjuvarigheten ble anslått til å være ca. én time. Det ble utarbeidet totalt tre intervjuguide, hvor to av disse ble laget våren 2021. Disse kan leses på Vedlegg A, B og C.

Intervjuguidene som ble laget våren 2021 tar hensyn til om informanten er prosjekteringsleder eller BIM-koordinator. Intervjuguiden ble laget og revidert i samråd med veileder ved NTNU.

Intervjuguidene inneholder informasjon om intervjueren, hensikten med intervjuet og noen intervju spørsmål tilpasset de to prosjektrollene. Intervju spørsmålene er utformet slik at de kan besvare relaterte forskningsspørsmål, og dekke informasjonsbehovet for oppgaven. Ett par dager før avtalt møtetidspunkt ble intervjuguiden sendt ut til informantene. Hensikten med å sende intervjuguiden før møtet var å informere informantene om en rekke forhold før intervjuet, gi dem muligheten til å se over spørsmål. I semistrukturerte intervjuer er det en fordel at informantene får spørsmål på forhånd slik at de får muligheten til å forberede seg (Tjora, 2017).

2.4.2 Gjennomføring

Selv om det er anbefalt å ha intervjuer ansikt til ansikt (Dalland, 2012), ble alle intervjuer gjennomført digitalt på grunn av restriksjoner knyttet til covid-19-pandemien. Intervjuene startet med en kort presentasjon av intervjueren og masteroppgaven, og en rask gjennomgang av intervjuguiden. Intervjuene ble tatt opp med lydopptak etter samtykke. Ulempen med lydopptak er at det kan virke truende på informantene, slik at personen velger å holde tilbake informasjon i frykt for påfølgende konsekvenser (Tjora, 2017). Alle informantene godtok at samtalen ble tatt opp, da de ble forsikret om at opptaket ville bli slettet etter at opptaket var transkribert. Opptak av intervjuene ble gjort for å ivareta informasjonens kvalitet, og kunne gjengi informasjonen mest mulig korrekt i etterkant. På denne måten kunne intervjuer være mer delaktig i samtalen, og ha fullt fokus på informantene og det de formidlet (Dalland, 2012). Intervjuene ble tatt opp digitalt ved hjelp av smarttelefon, mens notatblokk ble brukt for å notere stikkord underveis.

De semistrukturerte intervjuene var formet etter modellen «oppvarming, refleksjon og avrundning» (Tjora, 2017). Først ble informantene spurt enkle og konkrete spørsmål. Deretter ble en rekke refleksjonsspørsmål stilt for å finne informantenes synspunkt om de ulike undertemaene. Under intervjuet var det stort fokus på at samtalen skulle være fri og uformell, slik at intervjuet ble drevet frem av informantene selv. Deltakerne fikk relativt fritt spillerom til å snakke om det de ønsket, så lenge det ikke ble oppfattet som en for stor avsporing. En rekke funn som sannsynligvis ikke ville ha kommet frem ved den planlagte agendaen ble avdekket på denne måten. Der det var nødvendig ble det stilt oppfølgingsspørsmål for å holde samtalen i gang, eller for å utdype noen viktige punkter. Under intervjuene var det nødvendig å tilpasse oppfølgingsspørsmålene etter intervjuobjektene erfaring og kunnskap om temaet. Til slutt ble intervjuet avsluttet med noen avrundings spørsmål. Intervjuene ble gjennomført på mellom 50-70 minutter.

2.4.3 Etterarbeid

Etter endt intervju, ble det umiddelbart gjort kontroll av lydopptaket. Deretter ble lydopptaket lastet opp i ekstern skytjeneste for å sikre at data ikke går tapt ved en uforutsatt hendelse. Det ble prioritert å transkribere hvert enkelt intervju umiddelbart etter at det var gjennomført, mens opplevelsen og inntrykket fra intervjuet var fortsatt friskt i minne. Dette ble gjort for å unngå eventuelle forvekslinger med andre informanters uttalelser og egne notater. Å transkribere betyr å transformere en form over til en annen. I intervju sammenheng vil dette si å oversette fra talespråk til skriftspråk, og anbefales ved alle typer intervjuer (Tjora, 2017). Det anbefales at transkriberingen av intervjuer er mer detaljert enn det man i utgangspunktet tenker er nødvendig eller nyttig i den konkrete situasjonen (Tjora, 2017). Det begrunnes med at det ligger mye data i det som informantene uttrykker gjennom kroppsspråk. Informasjon fra stemmeleie og mimikker

kan gå tapt når svar og spørsmål gjøres til tekst (Dalland, 2012). Det kan potensielt resultere i feil analyse.

For å kunne bearbeide all data fra intervjuene, ble det valgt å foreta fullstendig transkribering, altså ord-for-ord transkribering av lyd. Her ble det lagt vekt på både innholdet i samtalen, men også nonverbal kommunikasjon. Egne notater ble inkludert dersom informanten endret humør eller hadde lange tenkepauser. Det siste var tilfellet på to spørsmål, hvor nesten alle informantene hadde lange tenkepauser. Dette indikerte at disse spørsmålene var ekstra vanskelig å svare på, noe som informantene uttrykket med ord senere. Transkriberingen ble gjennomført manuelt, noe som gjorde det til en tidkrevende prosess. For å gjøre teksten mer helhetlig og lesbar, ble ufullstendige ord og pauseord som «eeh» og «hmm» utelatt. Lydfiler og transkripsjoner ble slettet 10. juni 2021.

2.4.4 Analyse av intervjuer

Å analysere handler om å presentere og organisere de aller viktigste detaljene i dataen. Som første steg i analysen ble det gjennomført en empirisk koding av de transkriberte intervjuene i henhold til Tjora (2017). Arbeidet startet med å opprette koder på transkripsjonen fra det første intervjuet, også kalt analysedatadokumentet. Tjora (2017) definerer koder som en detaljert merkelapp som beskriver en setning, et avsnitt eller en del av et avsnitt i et kvalitativt datamateriale. Alle intervjutranskripsjonene ble gjennomgått systematisk. Allerede opprettede koder ble benyttet videre i de neste transkripsjonene, og det ble laget nye koder der det trengtes.

Ved empirisk koding vil kodene beskrive i detalj hva som ble sagt i intervjuet, fremfor å fortelle hva informanten snakket *om* (Tjora, 2017). Det vil si at kodene ikke kan genereres på forhånd slik som ved sorteringsbasert koding, der man beskriver generelle temaer intervjuet handlet om eller temaer intervjuet kan *sorteres* etter (Tjora, 2017). I denne oppgaven ble alle kodene generert induktivt med utgangspunkt i analysedata. Kodingen bidro til å ekstrahere essensen i det empiriske datamateriale og peke ut interessante aspekter i den videre analysen, uten at det var behov for å gå tilbake til transkripsjonene (Tjora, 2017).

For å kunne systematisk behandle de innsamlede dataene, ble tematisk analyse benyttet. Kodene ble gruppert tematisk under temaene: Prosjekteringsplanlegging, ICE, BIM, målinger, digitale verktøy, PPM-målinger, ICE-målinger, BIM-målinger og utfordringer med målinger. Dette arbeidet gikk nokså greit da mange av kodegrupperingene er temaer som allerede tas opp i intervjuguiden. Likevel var det utfordrende å gruppere de kodene som kom fra de mer ustrukturerte delene av intervjuene, hvor informanten snakket fritt. Det førte ofte til nye kategorier som forskeren ikke hadde regnet med i utgangspunktet. Det ble sett på som positiv, da det gjorde forfatteren bevisst på behovet for en egen kodegruppering som het fasilitering og felles forståelse. Videre ble det bestemt å gruppere på nytt, slik at flere kodegrupperinger ble slått sammen. Dette henger sammen med at kodegrupperinger danner utgangspunkt for hvordan man strukturerer oppgavens resultatdel (Tjora, 2017). Koder som ble sett på som totalt irrelevant for oppgaven ble luket bort.

Det ble opprettet et Microsoft Excel-dokument som ga en oversikt over koder og kodegrupperinger sortert etter de ulike informantene. Det ble forsøkt å se sammenhenger innad og mellom de ulike kodegrupperingene. Datamaterialet ble tolket både som enkeltintervjuer og som en helhet. Den kvalitative analysen forsøkte å se detaljer fra enkeltintervjuer i lys av helheten. Det var fokus på å oppdage mønstre og/eller avvik i datamateriale. Informantenes oppfatninger og erfaringer danner grunnlaget for analysen, og har bidratt til å øke helhetsforståelsen for temaet målinger i prosjekteringsprosessen. Kodegrupperingene i denne oppgaven la i stor grad føringer for resultatdelens struktur.

2.5 Dokumentstudie

Dokumentstudier er én av tre hovedgrupper for å innhente kvalitativ data (Tjora, 2017). I likhet med litteraturstudier er dokumentstudier en form for ikke-påtrengende empirisk datagenerering. Man studerer dokumenter som er produsert for andre formål enn forskning (Tjora, 2017). Dokumentene som er benyttet i denne oppgaven er prosjektspesifikke og bedriftsspesifikk for HENT, og inneholder informasjon som ikke er tilgjengelig ved litteratursøk.

Tjora (2017) mener at hensikten med dokumentstudier er at de skal gi et klart bilde av saksforhold fra et spesielt tidspunkt, på et spesielt sted og ofte med tanke på spesifikke lesere. Yin (2018) peker på flere styrker med dokumentgjennomgang. For det første er dokumenter en stabil kilde som kan gjennomgås gjentatte ganger. De inneholder ofte nøyaktig og detaljert informasjon om en eller flere hendelser som kan være av interesse. Dessuten kan man vurdere informasjonen overordnet og objektivt, uten å måtte bry informanter med påtrengende datainnsamlingsmetoder. Å studere dokumenter i tillegg til intervju, vil også kunne øke forståelsen av svarene fra intervjuene. Gjennom dokumentstudier kan intervjuer verifisere eller avkrefte informasjon som har kommet frem under intervjuer.

De bedriftsspesifikke dokumentene ble brukt for å få en bredere forståelse for HENT sine prosedyrer og systemer, og for å kunne sammenligne informasjonen med det som er presentert i det teoretiske rammeverket. Informantene tok frem relevante og prosjektspesifikke dokumenter under intervjuene, og presenterte de for intervjueren. Dette var for å visualisere informasjonen til intervjueren, og vise hvordan man jobber med det aktuelle temaet. I slutten av intervjuet ba intervjuer om å få tilgang til de dokumentene som ble vist og diskutert. Naturligvis var det ikke alt som intervjuer kunne få tilgang til på grunn av sensitiv prosjektinformasjon, men det som ble vurdert som viktig ble sendt via E-post. De generelle og prosjektspesifikke dokumenter som ble gjennomgått er:

- Styrings- og prosedyredokumenter
- Prosjekteringsplaner og fremdriftsplaner
- Dokument med målinger
- Møteagenda og møteevaluering
- Dokumenter fra VDC-sertifiseringsprogrammet

Disse dokumentene ble stort sett brukt til gjennomsyn for å få en bedre forståelse for det som ble sagt under intervjuene, og for å se funnene i sammenheng med det som står i dokumentene. Sentrale momenter fra veilederen «Trimmet gjennomføring» blir presentert i resultatkapittelet for å gi et godt bilde av HENT sitt konsept for gjennomføring av byggeprosjekter.

2.6 Resultatenes kvalitet

Alle metodevalg påvirker forskningens kvalitet (Busch, 2013). Det er viktig å være kritisk til datainnsamlingsmetoder, selve informasjonen som samles inn, og ikke minst hvordan denne informasjonen analyseres og tolkes. Man vurderer resultatenes kvalitet gjennom reliabilitet, validitet, generaliserbarhet og transparens (Busch, 2013; Tjora, 2017). For at innsamlet data med sikkerhet skal kunne brukes til å trekke slutninger er det viktig at den har høy reliabilitet og validitet.

2.6.1 Reliabilitet

Reliabilitet betyr pålitelighet og handler om at målinger må utføres korrekt, og at eventuelle feilmarginer må angis (Dalland, 2012). I praksis handler dette om hvorvidt undersøkelsen er etterprøvbart (Samset, 2014). Etterprøvbartheten til studien er et spørsmål om hvorvidt de samme resultatene vil forekomme, dersom man benytter samme fremgangsmåte (Samset, 2014). Det har vist seg å være vanskeligere å oppnå høy reliabilitet ved bruk av kvalitative forskningsmetoder enn ved kvantitative, da dataene ikke er målbare.

I all seriøs forskning er idealet at forskningen er helt nøytral og objektiv, upåvirket av forsker og dermed støyfri (Tjora, 2017). Dette er dog ikke praktisk mulig å få til. Dalland (2012) og Tjora (2017) påstår at det er en myte at forskeren kan være verdinøytral og fullstendig objektiv i forbindelse med kvalitativt orienterte metoder. For kvalitative studier er betydningen av den nøytrale forskeren svært viktig for studiens reliabilitet, og forskningen kan bli mer pålitelig dersom forskeren reflekterer over egne forutinntagelser, erfaringer og kunnskap. Tjora (2017) kaller dette refleksivitet, altså refleksjon rundt egen forskning. Empirisk data er ikke i seg selv en speiling av virkeligheten, men en tolkning formet av ulike faktorer. Ifølge Dalland (2012) er det viktig at forskeren gjør rede for sin rolle i forskningsarbeidet, og er ærlig om hva sin subjektivitet innebærer. Derfor bør relasjoner, fellesnevnerne og andre tilknytninger til informantene klargjøres, samt at det må redegjøres for om forskeren har spesielle interesser eller engasjement for forskningens tematikk (Dalland, 2012).

2.6.2 Validitet

Validiteten til en forskning sier noe om gyldigheten og relevansen til informasjonen i forhold det man ønsker å finne ut av (Tjora, 2017). Definisjonsmessig innebærer validitet at det foreligger samsvar mellom virkelighet og tolkning (Samset, 2014). Selv om informasjonen kan være svært pålitelig, hjelper det ikke dersom informasjonen er lite relevant for det man ønsker å finne ut av.

Graden av informasjonspålitelighet er avhengig av kilden og måten informasjonen anskaffes på, men også valg av måleindikatorer er avgjørende for relevansen til informasjonen (Samset, 2014). Ifølge Samset (2014) er informasjonens validitet ikke noe som kan etterprøves. Likevel beskriver han to hensyn man må ta for å sikre at informasjonen er gyldig i forhold til det man ønsker å måle: 1) Å velge indikatorer som gir et mest mulig direkte mål, og i tillegg 2) å benytte flere indikatorer som til sammen gir god indikasjon på det fenomenet som skal beskrives.

2.6.3 Generaliserbarhet

Når det gjelder generaliserbarhet, bedømmes denne etter hvor relevant forskningen er utover den utførte undersøkelsen (Tjora, 2017). Dette vil si i hvilken grad man kan bruke den som indikator for et sannsynlig utfall i andre sammenhenger. Ofte jobber man mot å skape en generaliserbar forståelse eller innsikt rundt et tema når man forsker på noe (Tjora, 2017). Generalisering er vanligst i kvantitativ forskning hvor forskeren kan generalisere ut fra statistikk og representativitet i de statistiske funnene. Generalisering kan dog benyttes i kvantitativ forskning. Tjora (2017) skisserer tre typer generaliseringer i kvalitativ forskning, og de er som følger:

1. Naturalistisk generalisering: Forskeren i detalj redegjør for funnene og hva som er studert, for så å la leseren selv vurdere om funnene er gyldige.
2. Moderat generalisering: Forskeren selv beskriver hvilke situasjoner eller kontekster resultatet er gyldig for.

3. Konseptuell generalisering: Forskeren utvikler konsepter, teorier og lignende som han/hun antar vil være relevante for andre tilfeller enn akkurat det som er studert.

2.6.4 Transparens

Et annet viktig kvalitetskriterium for forskning er transparens (Tjora, 2017). Transparens handler om hvordan man formidler valg som er tatt knyttet til pålitelighet og gyldighet, og det er et av de viktigste momentene knyttet til formidling av forskning. I praksis handler det om at forskningsmetoden bør komme frem gjennom beskrivelser av hva slags undersøkelser som er gjort, hvordan deltakere er rekruttert, hvilke problemer som har oppstått og hva slags teorier som er benyttet. Tjora (2017) legger til at det er likevel viktig at transparens ikke går på bekostning av informantenes anonymitet.

2.7 Evaluering av metodekvalitet

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med HENT AS, men er gjennomført for Institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU. Intensjonen bak oppgaven er interesse for oppgavens tematikk. I denne oppgaven er det forsøkt å gi leseren en inngående beskrivelse av forskningens bakgrunn og formål. Ved å reflektere over svakheter ved de ulike metodene og vurdere disse på forhånd, har det vært mulig å minke usikkerheten rundt den valgte metoden. De metodiske fremgangsmåtene benyttet i oppgaven er beskrevet i detaljer for å øke oppgavens reliabilitet. For å styrke oppgavens reliabilitet har det vært viktig med transparens gjennom hele prosessen. Det har likevel vært viktig at transparens ikke går på bekostning av informantenes anonymitet (Tjora, 2017). Derfor er informantene anonymisert, og ingen enkeltsiter blir vekket frem som anekdotiske bevis.

2.7.1 Litteraturstudie

Ved å gjennomføre litteraturstudie kan man få innblikk i problemstillingen ved at eksisterende litteratur og forskningsfront kartlegges. Det gir rom for sammenligning av relevant litteratur. På denne måten får man innblikk i hvordan ulike forskere oppfatter forskjellige fenomener. Det har vært nyttig å kunne lene seg på anerkjente forskere ved diskusjon opp mot intervjuresultater.

Metoden for å hente inn informasjon og evaluere den regnes som systematisk. Fokuset for dette litteratursøket har ligget på at publikasjonene skal være godt egnet for problemstillingen. Kildene funnet til bruk i oppgavens teoridel anses som meget pålitelige, troverdige og relevante på bakgrunn av kriteriene nevnt i kapittel 2.3.3. Valgte publikasjoner ble vurdert nøye, da det kan være svakheter i publikasjonenes datamateriale som ikke kommer frem tydelig nok.

Flere av de valgte kildene er førstehåndskilder, og forfatterne er pionerer innenfor temaene de har skrevet om. Dette gjelder spesielt for CIFEs publikasjoner om Lean og VDC. Mye av den såkalte state-of-the-art forskningen er publisert av et begrenset antall med forfattere med tilknytning til CIFE. Det er også tydelig at norske forfattere med tilknytning til NTNU har engasjert seg i fagfeltet. VDC-rammeverket er mest tatt i bruk i USA og de skandinaviske landene. Derfor er det vanskelig å finne bredde i litteraturen om VDC. Det har vært fokus på å unngå såkalt «cherry-picking», som går ut på å plukke ut de faktaene som støtter en bestemt oppfatning eller hypotese.

Svakheter ved valg av denne metoden kan blant annet være valg av søkeord. Fremgangsmåten har vært «prøv og feil» ved å søke på ulike kombinasjoner av fagbegreper innenfor temaet. VDC

er et samlebegrep for mange ulike typer digitale hjelpemidler og planleggingsmetoder. Dette betyr ulike verktøy og metoder satt i system kan forstås som VDC, uten at de nødvendigvis beskrives som VDC. Dessuten er målinger, spesielt prestasjonsmålinger, et stort fagfelt. I denne oppgaven har det ikke vært en ambisjon om å dekke all litteratur innenfor fagfeltet prestasjonsmålinger, men det har vært et ønske om å introdusere det viktigste innenfor prestasjonsmålinger i byggebransjen. Videre har det vært krevende å finne relevante publikasjoner som tar for seg målinger knyttet til VDC i prosjekteringsprosessen av byggeprosjekter. Dette har vært en av de store utfordringene knyttet til litteratursøket.

En annen svakhet ved litteraturstudier, er misforståelser ved bruk av engelskspråklig litteratur. En del av informasjonen kan ha gått tapt under oversettelsesprosessen. Analyser utført i andre land kan dessuten være påvirket av kulturforskjeller, noe som påvirker fremstillingen av forskningen. I denne oppgaven har litteratursøket tatt for seg publikasjoner utgitt i tidsrommet 2000-2020. Kilder som er eldre enn dette har blitt hentet frem gjennom backward snowballing. En utfordring med det er at kjente forskere og mange siteringer har blitt vektlagt. Dette kan ha ført til at noen viktige kilder har stått uoppdaget. Begrensning på grunn av tid og ressurser kan også har ført til at relevant litteratur har blitt oversett.

2.7.2 Intervju

En generell utfordring knyttet til intervjuer som metode, er anskaffelse av gode informanter. I denne oppgaven har totalt 13 informanter bidratt til utarbeidelsen av resultatkapittelet. En styrke med oppgaven er at alle informantene er svært representative for sin rolle og fagfelt. Informantene har jobbet på flere ulike store byggeprosjekter i Norge, og vært med på både totalentrepriser og samspillsentrepriser. Det er med på å sikre høy validitet i resultatene. I tillegg har informantene erfaring fra andre stillinger i byggeprosessen, noe som gir bredde i resultatene. Erfaring sikrer påliteligheten til informantenes kunnskap.

Alle informantene er ansatt i HENT AS og kjenner godt til bedriftens rutiner og prosedyrer, noe som øker oppgavens reliabilitet. For å kunne sammenligne en større informasjonsvariasjon, ville det ha vært en fordel å intervjuere flere informanter fra HENT. På en annen side ville det ha vært hensiktsmessig å intervjuere flere informanter med ulike roller og fra forskjellige bedrifter, for å kunne benytte seg av konseptuell generalisering. Flere av informantene har deltatt på VDC-sertifiseringskurs, noe som kan ha fargelagt deres vurderinger om implementering om implementeringen av Lean og VDC. Informantene har vært positive til henholdsvis VDC og målinger.

De gjennomførte intervjuene anses som viktige og relevante for masteroppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. For å sikre intervjuets troverdighet har det vært fokus på å utforme objektive spørsmål. Åpne spørsmål er foretrukket, og ledende formuleringer er unngått.

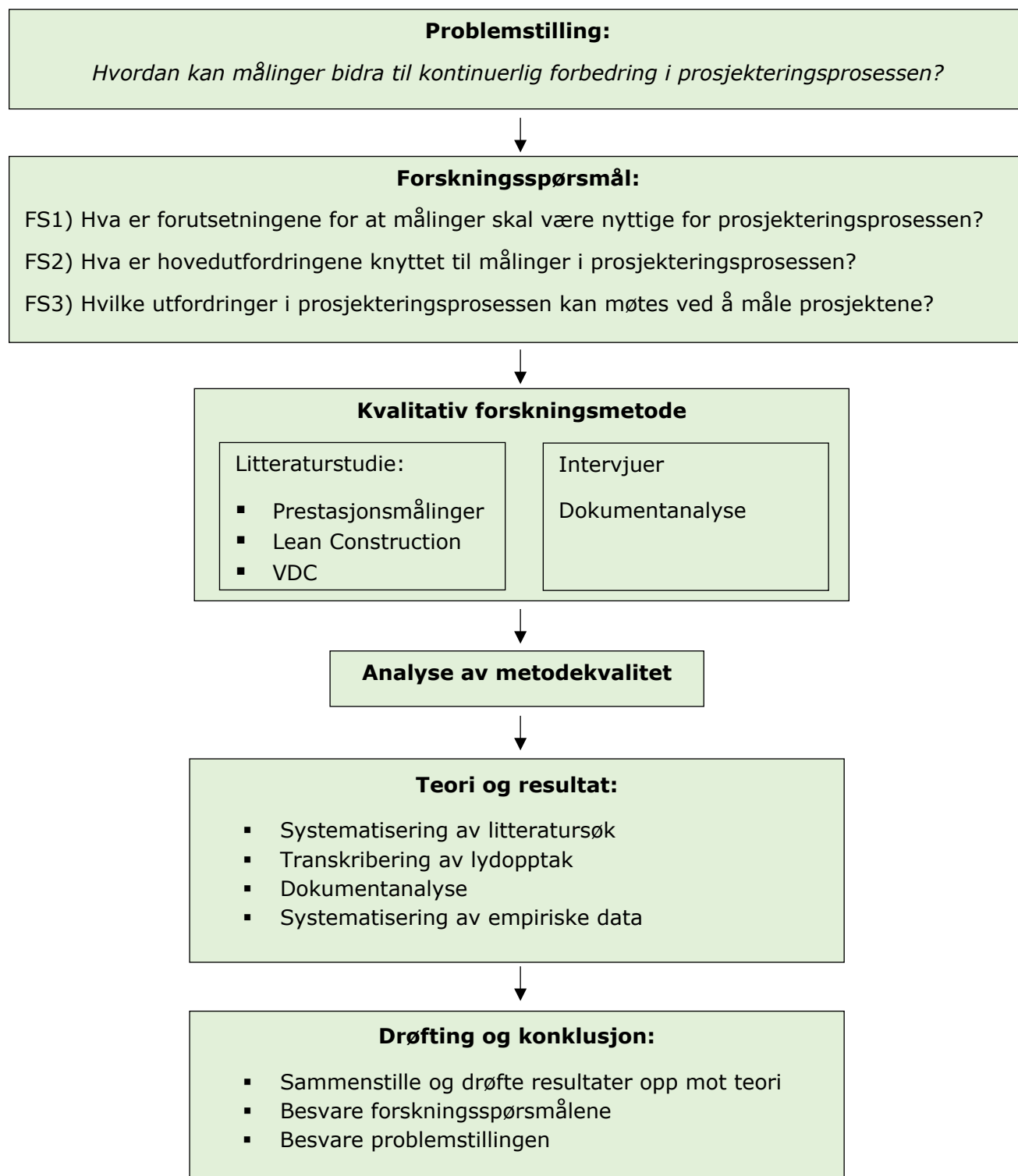
En svakhet med semistrukturerte intervjuer er at den er avhengig av intervjuerens evne til å stille spørsmål som gir tilstrekkelige svar. Det er viktig at hverken intervjueren eller informanten blir partiske eller holder tilbake informasjon. En annen svakhet er at innhentet data kan feiltolkes. Misforståelser og brudd mellom det som blir sagt og det som blir forstått kan skape utfordringer for forskningen. Intervjueren i denne oppgaven er ikke erfaren, men en styrke ved intervjugjennomføringen var oppfølgingsspørsmål som bidro til bekreftelse av svar og utsagn. Det ga muligheter for å be om utdypning på enkelte temaer. For temaer hvor det var forberedt oppfølgingsspørsmål var det også lettere å holde intervjuet fokusert. Forståelse av informantens budskap styrker resultatenes troverdighet

2.7.3 Dokumentstudie

En svakhet med dokumentstudiet er at dokumentene som ble analysert ikke er ment for forskning. Derfor må dokumentene tolkes og forstås i lys av det. Dokumentstudiets reliabilitet og validitet er vurdert etter samme kriterier som for litterastudiet. Kriteriene objektivitet og egnethet har vært aktuelle å evaluere for å sikre dokumentenes reliabilitet. Det har ikke vært enkelt å evaluere dokumentenes troverdighet og nøyaktighet, da prosjektdokumentene ofte var uten forfatter og ikke hadde en spesiell oppbygning. Samtidig har dokumentstudiet bidratt til økt forståelse for HENT sitt konsept for gjennomføring av byggeprosjekter. Det kan konkluderes med at dokumentstudiet har bidratt til økt reliabilitet til den totale forskningen i masteroppgaven. Validiteten til dokumentene er sikret gjennom samtale med informantene.

2.8 Oppsummering

Figur 3 viser en oppsummering av forskningsmetode- og strategi for masteroppgaven som er diskutert i dette kapittelet.



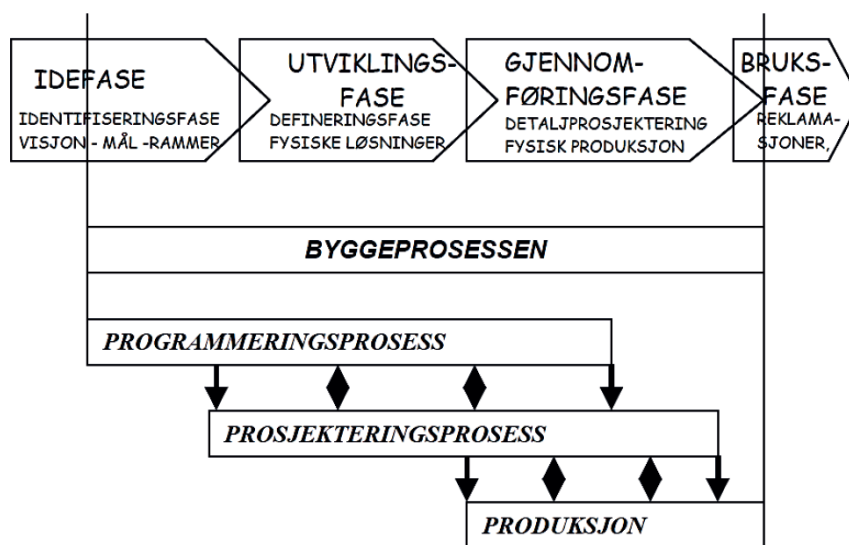
Figur 3: Forskningsmetode- og strategi

3 Teori

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

3.1 Prosjekteringsprosessen

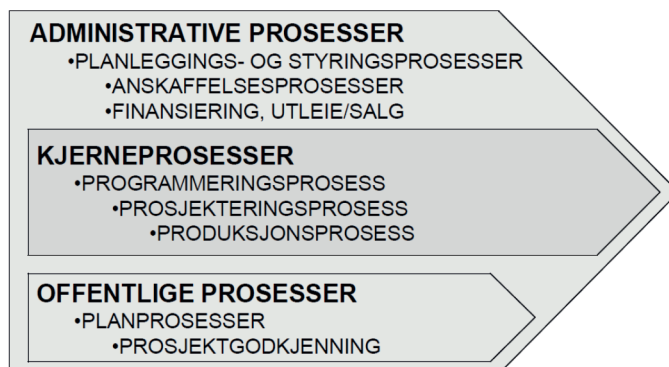
Et byggeprosjekt foregår både i prosesser og faser (Østby-Deglum et al., 2013). Byggeprosessen anses som den overordne prosessen som utløper seg fra idefase til bruksfase, som vist i Figur 4. En fase kan defineres som et utviklingstrinn, og beskriver hvor man befinner seg i byggeprosessen (Østby-Deglum et al., 2013). De fleste byggeprosjekter deler byggeprosessen i faser, hvor den formelle faseinndelingen har som hensikt å gi en helhetlig, overordnet kontroll og styring over prosjektet ved kritiske stadier (Eikeland, 2001). Tradisjonelt deles et byggeprosjekt i idefase, utviklingsfase, gjennomføringsfase og bruksfase. Det finnes ulike varianter av faseinndelinger og det skyldes at inndelingen tilpasses hvert enkelt prosjekt.



Figur 4: Byggeprosessens faser og kjerneprosesser (Eikeland, 2001)

«Byggeprosessen omfatter alle prosesser som fører fram til eller er en forutsetning for det planlagte byggverk» (Eikeland, 2001). Byggeprosessen er omfattende og kompleks, likevel kan den beskrives ved hjelp av tre overordnede prosesser: administrative prosesser, kjerneprosesser og offentlige prosesser (Eikeland, 2001). De er gjensidig avhengige av hverandre og vil løpe parallelt gjennom levetiden til prosjektet (Østby-Deglum et al., 2013). Eikeland (2001) beskriver kjerneprosessene som "de prosessene som har beskrivelse eller produksjon av det planlagte byggverk som sitt resultat». Som vist i Figur 5, er prosjekteringsprosessen en del av kjerneprosessene sammen med programmeringsprosessen og produksjonsprosessen.

Prosjekteringsprosessen foregår fra slutten av idefasen, gjennom hele utviklingsfasen og gjennom store deler av gjennomføringsfasen.



Figur 5: Byggeprosessens delprosesser (Eikeland, 2001)

I programmeringsprosessen vil tradisjonelt byggherre og arkitekt jobbe sammen for å identifisere hvilke krav og rammer som det ferdige bygget skal tilfredsstillere. Denne prosessen har som formål å kartlegge: Ytre muligheter og begrensninger, rammebetingelser, funksjonelle brukerkrav og beskrivelse av tekniske løsninger som kreves (Østby-Deglum et al., 2013). Her vil grunnlaget for prosjektet legges og konseptet konkretiseres. Byggherrens ønsker, mål og rammer omgjøres til operasjonelle krav. Resultatet av programmeringsfasen er byggeprogrammet – en overordnet beskrivelse av det som skal bygges.

Prosjekteringsprosessen innebærer utvikling, utforming og beskrivelse av byggets fysiske egenskaper. Prosjekteringsprosessen kan beskrives som den prosessen der plangrunnlaget for utforming og driften av bygget blir produsert (Meland, 2000). Resultatet av prosjekteringsprosessen er en detaljert modell av sluttproduktet. Prosjekteringsprosessen kan videre deles i tre faser, og de er som følger (Tiltnes, 2017; Østby-Deglum et al., 2013):

- I skisseprosjektet utredes forskjellige konsepter og programmer som tilfredsstillere behovet til byggherren. Her skal det gjennomføres forskjellige analyser og konseptutredninger slik at den beste prinsipløsningen identifiseres. Målet er å finne ut om tiltaket er gjennomførbart og å avgjøre hvilken prinsipløsning som er mest hensiktsmessig. I skisseprosjektet skal det besluttes om byggherren vil gå videre med prosjektet, med foreløpige konkretiseringer av omfang, pris og kvalitet.
- I forprosjektet vil det valgte konseptet detaljeres. Forprosjektet handler om å utvikle teknisk, fysisk og funksjonell struktur basert på konseptvalg. I forprosjektet detaljeres programmet til romnivå og løsninger kontrolleres slik at byggherren er trygg på at prosjektet kan realiseres. Dessuten vil kalkylene detaljeres og kvalitetssikres. Det lages modeller og tegninger som representerer de viktigste valgene for prosjektet. Hovedmålet er å ha riktig grunnlag for å kunne ta beslutning om finansiering og iverksetting av prosjektet.
- I detaljprosjekteringen utarbeides detaljerte beskrivelser av bygget som skal være arbeidsunderlag for produksjon. Formålet er å utvikle tilstrekkelig detaljert og kvalitetssikret arbeidsunderlag slik at sikker og rett utførelse er mulig.

Produksjonsprosessen omhandler oppføringen av det fysiske bygget. Den omfatter all aktivitet på byggeplassen, all prefabrikasjon og alle leveranser (Østby-Deglum et al., 2013). Entreprenøren

kommer inn for fullt og starter byggingen. Resultatet av produksjonsprosessen vil være det fysiske bygget med tilhørende dokumentasjon. Selv om det er ideelt at prosjekteringsprosessen er helt ferdig før produksjonsprosessen starter, er det vanlig at disse to overlapper for å spare tid og kostnader.

3.1.1 Prosjektering

Hansen (2019) definerer begrepet prosjektering som «å planlegge, utforme og beskrive det planlagte byggverket, konstruksjonene eller installasjonene ved hjelp av tegninger, fysiske og virtuelle modeller og beskrivelser som legger grunnlaget for utførelsen av bygget». Prosjektering blir utført av en prosjekteringsgruppe, også kalt prosjekteringsteamet. Amundsen (1999, omtalt i Frøystad, (2014)) beskriver et team som: «en liten gruppe mennesker med forskjellige kunnskaper og ferdigheter som utfyller hverandre. Teamets medlemmer har gjensidig forpliktet seg til en felles hensikt med teamets arbeid, konkrete prestasjonsmål og arbeidsmetode. Teamets medlemmer tar felles ansvar for resultatet av teamets arbeid». Prosjekteringsgruppen er sammensatt av prosjekteringsleder, rådgivende ingeniører, arkitekter og byggherrerepresentanter. Prosjekteringsgruppen har som oppgave å oversette byggherrens krav og ønsker til et bygg med en god løsning med hensyn til funksjon, form, utseende og omgivelser innenfor gitte rammer (Hansen, 2019). Ifølge Hansen (2019) vil prosjektering primært ha fire formål:

- Beslutningsgrunnlag for byggherre og brukere om hvilke løsninger som velges
- Godkjenningssgrunnlag for bygningsmyndighetene
- Produksjonsgrunnlag for entreprenører og leverandører
- Kontraktssgrunnlag for entreprisekontrakter. Omfanget er avhengig av gjennomføringsmodell

3.1.2 Prosjekteringsledelse

Meland (2000) omtaler prosjekteringsledelse som en prosjektlederfunksjon med spesielt ansvar for delprosessen prosjektering, der teknologi- og designledelse er det sentrale funksjonsområde. Videre definerer Meland (2000) prosjekteringsledelse som «ledelse av prosessen med å lansere konseptuelle ideer og bearbeide den valgte idé til et ferdig, immaterielt produkt i form av tegninger, modeller, beskrivelse og lignende». På den andre siden definerer Rådgivende Ingeniørers Forening (2015) prosjekteringsledelse som følgende: «Prosjekteringsledelse er et administrativt oppdrag med hovedvekt på ledelse, styring og kvalitetssikring av prosjekteringsoppdrag». Disse definisjonene henger godt sammen. Senere presenterer Knotten (2018) en nyere definisjon av prosjekteringsledelse, hvor prosjekteringsledelse involverer «planlegging, organisering og styring av personer, deres kunnskap og informasjonsflyt for å oppnå spesifikke prosjektmål og målsettinger».

Prosjekteringsprosessen er avgjørende for å oppnå suksess i et prosjekt (Knotten et al., 2017). Meland (2000) utdyper at denne prosessen må ledes, samordnes og balanseres effektivt med hensyn til bygningens utforming, planlegging for bruken, produksjonsforberedelsen og planlegging av bygningens videreutvikling. Påvirkningsmuligheten er størst tidlig i prosjekter og den minker med tiden, mens kostnadene ved å gjøre vesentlige endringer i løpet av prosjektet eller senere øker desto lenger ut i prosessen de foretas (Samset, 2014). Derfor er prosjekteringsgruppen de som har størst innflytelse på utviklingen av et prosjekt. Det er i prosjekteringsprosessen de viktigste valgene for utførelse, drift og vedlikehold foretas. Prosjekteringslederen har et stort

ansvar når det gjelder å utvikle stabile team og etablere samarbeidsarenaer som får alle prosjektaktører til å samhandle og prestere i fellesskap. Prosjekteringsleder fungerer som et bindeledd mellom byggherren, rådgiverne og myndighetene. Sammenlignet med byggeprosessen har prosjekteringsprosessen og prosjekteringsledelse fått lite oppmerksomhet i forskningen (Knotten, 2018).

3.2 Prestasjonsmålinger

Begrepet produktivitet, som er et mål på hvor mye verdier man skaper relativt til hvor mye ressurser man bruker, ble relevant i starten av den industrielle revolusjonen på 1700-tallet (Andersen & Fagerhaug, 2002). Historisk sett har produktivitet handlet om arbeidsproduktivitet og maskinutnyttelse. På midten av 1980-tallet ble begrepet produktivitet erstattet med begrepet prestasjon (eng: Performance). Grunnen til det er at produktivetsmålinger ikke gir et helhetsbilde av ytelsen til en organisasjon.

«Prestasjon noe en organisasjon gjør eller oppnår som kan måles kvantitativt, for å så sammenliknes med andre lignende målinger slik at det kan foretas nyttige vurderinger» (Bredrup, 1995, omtalt i Fagerhaug og Olsson, (2005)). Dermed er prestasjonsmåling: «en kvantifisering av hvor bra aktivitetene i en prosess, eller resultatene av en prosess, overensstemmer med et spesifikt mål» (Hronec, 1993, referert i Fagerhaug og Olsson, (2005)). Prestasjonsmålinger handler om å måle prestasjoner og sammenligne dette med tilsvarende prestasjoner, og på denne måten identifisere forbedringsområder og stimulere til ønsket atferd (Andersen, 2020; Landet et al., 2017). Hensikten er å motivere til oppførsel som leder til kontinuerlig forbedring av kundetilfredsstillelse, fleksibilitet og produktivitet (Andersen & Fagerhaug, 2002).

Sink og Tuttle (1989, referert i Andersen og Fagerhaug, (2002)) publiserte en av de første tilnærmingene til prestasjonsmålinger (en: performance measurment) i boka «Planning and Measurment in Your Organization of the Future». Sink og Tuttle mente at for at en organisasjon skal klare seg og være konkurransedyktig, må den utmerke seg i flere områder enn å være produktiv. De utviklet syv prestasjonskriterier og en prestasjonslikning. Sink og Tuttle hevdet at prestasjonen til en organisasjon er en kompleks sammenheng mellom følgende syv prestasjonskriterier: Ekstern effektivitet (eng: effectivness), intern effektivitet (eng: efficiency), kvalitet, produktivitet, kvalitet i arbeidssituasjonen (eng: quality of work life), innovasjon, og til slutt lønnsomhet og budsjettoverholdelse. Mange forskjellige tilnærminger til prestasjonsmålinger, såkalte prestasjonsmodeller som angir hva som gir en virksomhet konkurransevne, ble lansert av ulike forskere utover 1990-tallet (Andersen & Fagerhaug, 2002).

I litteraturen skilles det mellom prosjektledelessuksess (eng: efficiency), prosjektsuksess (eng: effectiveness) og prosess-suksess (eng: experience) (Hussein, 2016). I prosjektledeelse sammenheng ble disse norske begrepene utviklet fordi de engelske begrepene direkte oversatt omfattes av det norske ordet effektivitet. Prosjektledelessuksess måler i hvilken grad prosjektet har klart å innfri krav om gjennomføringstid, kostnadsramme, spesifikasjoner, begrensninger og forventninger (Hussein, 2016). Prosjektsuksess handler om oppnåelse av effektmålene, formålet, strategiske mål, bruker- og kundetilfredshet, økonomiske aspekter, kompetanseheving og renommé. Prosess-suksess handler om hvordan prosjektdeltakere oppfatter eller opplever prosjektgjennomføringen. Disse tre begrepene henger ikke alltid sammen, og suksess innenfor en av kategoriene garanterer ikke suksess i de to resterende. Et prosjekt kan bli sett på som suksessfull fra kundeperspektivet, men være mislykket fra entreprenørperspektivet. Neely et al. (2005, omtalt i Ahmad et al., (2016)) forklarer sammenhengen mellom prestasjonsmålinger, prosjektledelessuksess og prosjektsuksess i følgende utsagn: «Performance Measurment is the

process of quantifying effectiveness and efficiency of actions, where performance measure is the parameter used to quantify efficiency and/or effectiveness of actions».

3.2.1 Måleindikatorer

Ifølge Parmenter (2015) finnes det to kategorier med måleindikatorer. Disse er resultatindikatorer (eng: result indicators) og prestasjonsindikatorer (eng: performance indicators).

Resultatindikatorer tar for seg aktivitet over en bred tidshorison, og viser hvilken prestasjon som er oppnådd i den perioden. De måles i etterkant av en operasjon, fase eller prosjekt. Resultatindikatorer har fått betegnelsen reaktive indikatorer (eng: lagging indicators), noe som vil si at de brukes til evaluering og sammenligning etter at prosjektet er fullført (Beatham et al., 2004; Haponava & Al-Jibouri, 2012). Målingene kan være finansielle eller ikke-finansielle. Resultatindikatorer vil gi ledelsen en oppsummering av hvordan organisasjonen yter, uten å fortelle noe om hvordan organisasjonen jobber for å nå de resultatene (Parmenter, 2015). Disse målingene sier heller ikke noe om hva organisasjonen må gjøre mer eller mindre av for å oppnå bedre resultater. Dermed har ikke disse reaktive målingene en prediktiv evne og kan ikke brukes til å spå fremtidig prestasjon (Andersen & Fagerhaug, 2002).

En kjent modell for vurdering av suksess i prosjektledelse er «jernetriangelet» (eng: the iron triangle) (Ahmad et al., 2016). Jernetriangelet er en tradisjonell tilnærming for å vurdere et prosjekts suksess ved å evaluere prestasjonen med hensyn til i hvilken grad kundens krav i forhold til tid, kostnad og kvalitet er oppnådd (Ahmad et al., 2016). De tre tradisjonelle prestasjonsindikatorer er resultatparametere som blir målt i slutten av et prosjekt. Disse prestasjonsindikatorer kan kun gi en indikasjon på graden av suksess i et prosjekt. Derfor gir de ikke et godt bilde av prosjektets faktiske prestasjon.

Resultatparametere er enkle å måle. Parmenter (2015) mener at måleindikatorer bør være enkle, slik at alle ansatte i en organisasjon forstår målingen og hvilke korrigerende tiltak som målingen krever. Utfordringen med resultatparametere er at de ikke kan bidra til å forbedre eller påvirke prosesser. Ifølge Parmenter har resultatindikatorer begrenset bruk, da de ikke gir tidlig varsling om fallende prestasjon som vil føre til problemer senere i prosjektet. Disse indikatorer vil dermed ikke gi et tilstrekkelig innblikk på potensialet for kontinuerlig forbedring, og er av liten nytte for å forbedre prestasjon underveis i et prosjekt (Beatham et al., 2004). Resultatparametere er likevel verdifulle fordi de er kvantitative størrelser som sier noe om prosjektets resultater, og som gjør analyser og benchmarking mulig (Landet et al., 2017; Parmenter, 2015). Benchmarking er en sammenligning av produkter, arbeidsmåter eller lignende ut fra gitte kriterier eller standardverdier, særlig for å oppnå forbedringer (SNL, 2018). Ifølge Landet et al. (2017) vil benchmarking bidra til at aktører kan fokusere på områder som av dokumentert erfaring, viser de største forbedringsmulighetene.

Prestasjonsindikatorer er ikke-finansielle-indikatorer som måler prosessene underveis i et prosjekt, og kan måles daglig, ukentlig eller månedlig (Parmenter, 2015). Prestasjonsindikatorer fokuserer ofte på en spesifikk oppgave som kan knyttes til et team. Ifølge Parmenter (2015) er prestasjonsmålinger viktige, men ikke nødvendige for en virksomhet. Prestasjonsindikatorer har en bedre evne til å forutsi fremtidige resultater, sammenlignet med resultatparametere, da de ser på hvordan et team har jobbet for å oppnå resultater. Disse indikatorer forteller noe om hva som kreves av et team for å forbedre prestasjonen. Indikatorer bidrar til å avdekke hvilke tiltak som må gjøres for å oppnå fremtidig ønskede resultater. Da disse indikatorer har preventive egenskaper, blir de kalt for proaktive indikatorer (eng: leading indicators) (Parmenter, 2015).

3.2.2 Key Performance Indicators

En type prestasjonsindikator som ofte blir brukt i prestasjonsmålinger er «Key Performance Indicators (KPIs)», på norsk kalt KPI-er eller nøkkelindikatorer. Parmenter (2015) bruker følgende definisjon av KPI-er: «Key performance indicators (KPIs) are those indicators that focus on the aspects of organizational performance that are the most critical for the current and future success of the organization». KPI-er er altså en beskrivelse av en organisasjons suksessfaktorer som er mest avgjørende for oppnåelse av suksess. Ved å måle KPI-er vil en organisasjon raskt kunne identifisere avvik og sette i gang korrigerende tiltak. Parmenter (2015) definerer syv egenskaper ved KPI-er, og disse er presentert i Tabell 5.

Tabell 5: Egenskaper ved KPI-er (Parmenter, 2015)

Egenskap	Kort forklaring
Ikke-finansielle	KPI-er kan ikke måles i valutaenheter som NOK, EUR og USD. Dersom det måles i valutaenheter, er det en resultatmåling.
Måles periodisk	KPI-er måles ofte, for eksempel 24/7, daglig eller ukentlig.
Topplederfokus	Ledelsen skal ha fullt fokus på KPI-er. Forankring i ledelsen er viktig.
Enkel	Alle ansatte forstår målingen og hvilke korrigerende tiltak som kreves.
Teambasert	Ansvar kan knyttes til et team eller et par team som jobber tett sammen.
Betydelig innvirkning	KPI-er har stor innvirkning på organisasjonen, det vil si de påvirker flere kritiske suksessfaktorer.
Små negative konsekvenser	KPI-er oppfordrer til passende tiltak. Målingen må bli testet for å sikre at den har en positiv innvirkning på prestasjonen.

Prestasjonsdrivere, også kalt prosessbaserte KPI-er, måler prosessene underveis i prosjektet og har sammenheng med prosjektets prosessmål. Prosessmål er mål som beskriver ønskede arbeidsmetoder eller ønsket kompetanseoppbygging gjennom utførelsen av prosessen (Fagerhaug & Olsson, 2005). Prestasjonsdrivere er proaktive indikatorer, og de har liten effekt uten oppfølging (Landet et al., 2017). Prestasjonsmåling av sentrale prosesser underveis gir mulighet til å justere kurs og eventuelt iverksette korrigerende tiltak i løpet av prosjektet, noe som sikrer kontinuerlig forbedring (Landet et al., 2017).

Parmenter (2015) påpeker at flere studier viser at å måle for å måle er ikke hensiktsmessig. Ifølge ham er det mer skadende å måle alt enn å måle ingenting. Studier utført av Chan og Chan (2004) har vist at det å ha for mange og for komplekse målinger kan potensielt være tid- og ressurskrevende. Parmenter (2015) legger til at målinger som i liten grad er gjennomtenkte kan føre til dysfunksjonell atferd i teamet, noe som også er bekreftet av Landet et al. (2017). Ifølge Shiemann og Lingle (1999, referert i Skappel, (2017)) bør ikke KPI-målingene benyttes som et verktøy for å straffe eller belønne aktørene i et prosjekt, som en konsekvens av måleresultatet. Med tiden vil aktørene sannsynligvis finne måter de kan lure systemet på. Aktørene vil lære seg hvordan de kan bruke reglene i systemet til egen fordel. Shiemann og Lingle (1999, referert i Skappel, (2017)) påstår at dette vil gi sekundære effekter, i tillegg til å bremse ned effektiviteten i den generelle prosessen.

Nærmest alle eksisterende KPI-er i dagens byggebransje er hovedsakelig resultatparametere (Haponava & Al-Jibouri, 2012). Mangelen på prestasjonsdrivere i byggebransjen blir sett på som et av de største hindrene for kontinuerlig forbedring underveis i et prosjekt. Det er nødvendig å måle prosessene for å kunne kontrollere og forbedre prosessene mens prosjektet er under utvikling (Ahmad et al., 2016; Beatham et al., 2004; Haponava & Al-Jibouri, 2012). Måling av sentrale

prosesser underveis vil gi de ulike aktørene innsikt i egne aktiviteter, prestasjoner og de områdene hvor de har forbedringspotensial (Landet et al., 2017). Prestasjonsmålinger vil bidra til å bygge kultur for forbedringsarbeid i organisasjonen. Ifølge Landet et al. (2017) vil dette styrke virksomhetens konkurransekraft og evne til omstilling.

3.2.3 Prestasjonsmålinger i byggeprosjekter

Målinger av byggeprosjekter er et stort fagfelt, og det finnes mange metoder for måling av prosjektprestasjon. De største rammeverkene og modellene for å måle prestasjon i byggenæringen er European Foundation for Quality Management Excellence-modell (EFQM), Balanced Score Card (BSC), just-in-time (JIT), benchmarking og aktivitet-basert ledelse (Ahmad et al., 2019; Beatham et al., 2004; Haponava & Al-Jibouri, 2012; Landet et al., 2017).

Et av de største systemene for benchmarking av prosjekters prestasjon, opp mot andre prosjekter i bransjen, er «CII 10-10» utviklet av Construction Industry Institute (CII) ved University of Texas i Austin (Landet et al., 2017). Benchmarkingsystemet CII 10-10 er vurdert som det mest hensiktsmessige for prestasjonsmåling på prosess-, prosjekt- og virksomhetsnivå. CII 10-10 programmet legger til grunn en forenklet måling som gir muligheter for å benchmarke enkelte faser av et prosjekt. Ved å måle prosjektet for hver enkelt fase, vil man få anledning til å identifisere svakheter og korrigere disse ved å gjøre endringer underveis. Et eget «Nordic 10-10» har blitt lansert for benchmarking i nordiske prosjekter (Nordic 10-10, u.å.).

3.3 Lean Construction

Lean Construction, på norsk kalt Trimmet bygging, betegner bruk av Lean-teknikker i prosjektbaserte produksjonssystemer for planlegging og produksjon av byggverk. Lean Construction har sin opprinnelse fra produksjonsfilosofien til bilselskapet Toyota, kalt Toyota Production System, som ble utviklet på 1950-tallet (Koskela, 1992). For å komme seg gjennom den økonomiske krisen etter andre verdenskrig, utviklet Toyota et produksjonssystem basert på flyteeffektivitet (eng: flow efficiency), i stedet for ressurseffektivitet. Produksjonssystemet ble tildelt navnet «Lean Production» av amerikanske forskere på 1990-tallet (Womack et al., 1990). Kort forklart handler Lean Production om å identifisere og eliminere ikke-verdiskapende aktiviteter, også kalt sløsing (eng: waste), samtidig som man øker effektiviteten til verdiskapende aktiviteter (Koskela, 1992).

Gjennombruddet for Lean i byggsammenheng ble gjort i 1992 ved Lauri Koskelas rapport «Application of The New Production Philosophy to Construction» (Koskela, 1992). Hovedårsaken til at Lean Construction ble introdusert var at byggenæringen var preget av store prosjekter med lav grad av standardisering, høy grad av forsinkelser, dårlig sikkerhet, dårlige arbeidsforhold og lav kvalitet på det som ble levert. Den grunnleggende ideen bak Lean Construction var å oppnå bedre flyt i byggeprosjekter ved å administrere prosjektet som et Lean-produksjonssystem. Koskela et al. (2002) definerer Lean som en måte å designe produksjonssystemer på for å minimere sløsing av materialer, tid og arbeid, for å skape maksimal verdi.

3.3.1 Transformasjon, Flyt og Verdi

Koskela (1992) utarbeidet en ny produksjonsteori som i dag er kjent som Transformation-Flow-Value-teorien, eller TFV-teorien. I TFV-teorien er transformasjonen (T) det fysiske arbeidet, flyt (F) er materialer og arbeid som beveger seg mellom arbeidsoperasjoner (delprosesser), og verdi (V) er hvor mye funksjon det overleverte produktet gir kunden (Koskela, 1992). Tradisjonelt hadde byggebransjen lite fokus på den totale verdiskapningen og for mye fokus på transformasjonen (Koskela, 1992). Den gamle produksjonsmåten og prosjektledelsen la kun vekt på transformasjon, mens den ignorerte flyt og verdiskapning. Lean Construction derimot, søker å optimalisere flyten mellom alle disse aktivitetene. TFV-teorien viser at det er nødvendig med samspill mellom transformasjon, flyt og verdi.

Lean Construction handler om å kontinuerlig tilføre produkter verdi, og redusere eller eliminere ikke-verdiskapende aktiviteter (Fosse et al., 2017). Begrepet verdi kan defineres som kundens funksjon av produktet i forhold til kostnader som er nødvendig for å fremstille produktet (Koskela, 1992). Lean Construction definerer kunden som sluttbrukeren, men utvider også kundebegrepet til å inkludere neste arbeidsgruppe i produksjonen. Målet med å sette fag og produksjonsheter i en leverandør-kunderelasjon, er å synliggjøre avhengigheter og å bedre forståelse for hverandres behov. Ved å se på neste arbeidsgruppe som kunde og være bevisst deres behov, kan man øke samarbeid på tvers av faggrupper.

Koskela (1992) skiller mellom verdiskapende og ikke-verdiskapende aktiviteter. Verdiskapende aktiviteter omgjør materialer og informasjon om til noe som øker verdien i produktet. Ikke-verdiskapende materialer derimot tar opp tid, ressurser og/eller plass uten å øke verdien til produktet. Det kan argumenteres for at noen ikke-verdiskapende aktiviteter er nødvendige, slike som møter og inspeksjon, og dermed kan ikke disse elimineres fra produksjonsprosessen.

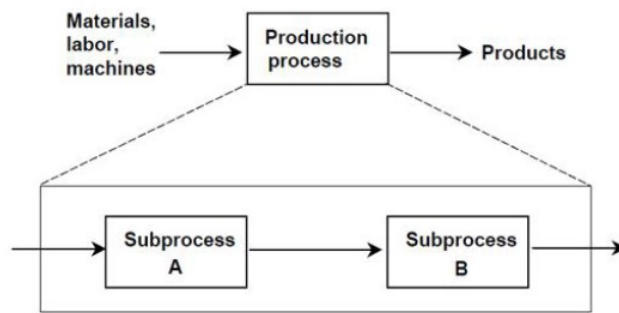
I Lean Construction er sløsing definert som alle aktiviteter som ikke skaper noe nytteverdi for kunden, og som heller ikke er nødvendige. Dette begrepet stammer fra Toyota Production System,

hvor det på japansk ble kalt «muda» (Østby-Deglum et al., 2013). Det finnes i hovedsak syv typer aktiviteter som ikke er verdiskapende, og disse er beskrevet i Tabell 6. Disse aktivitetene øker kostnader relatert til kvalitet og tid, uten at det skaper verdi for kunden. Reduksjon av sløsing er en viktig forutsetning for å skape en best mulig flyt i byggeprosessen. Ved å eliminere aktivitetene nevnt i tabellen, kan man oppnå bedre flyt, øke byggeprosjektenes produktivitet, redusere produksjonskostnadene og bedre kvaliteten (Forbes & Ahmed, 2011; Koskela, 1992).

Tabell 6: Ulike typer sløsing (Ohno, 1988, omtalt i Kalsaas, (2017))

Sløsing	Beskrivelse	Konsekvenser
Overproduksjon	Unødvendig produksjon	Unødvendig bevegelse, lagring og transport
Feilproduksjon	Produksjon av produkter som ikke tilfredsstillter kundenes krav og ønsker	Omarbeid, reparasjoner, inspeksjon, sortering og erstatning av defekte produkter
Unødvendig lager/inventar	Lagring av produkter som ikke er etterspurt på markedet til bestemt tid	Ujevn produksjon og feilproduserte varer
Overprosessering	Komplisert produksjon som består av mange steg hvor kvaliteten ikke blir bedre	Lang ledetid
Transport	Dårlig logistikk og kommunikasjon som fører til unødvendig flytting av folk eller materialer mellom arbeidsstasjoner	Unødvendig bevegelse, dobbeltarbeid og lenger ledetid
Venting	Ansatte må vente på nye oppgaver, arbeidsstasjoner eller materialer	Nedetid og lenger ledetid
Unødvendig bevegelse	Dårlig logistikk. Ansatte må lete etter materialer, verktøy og lignende	Nedetid og lenger ledetid

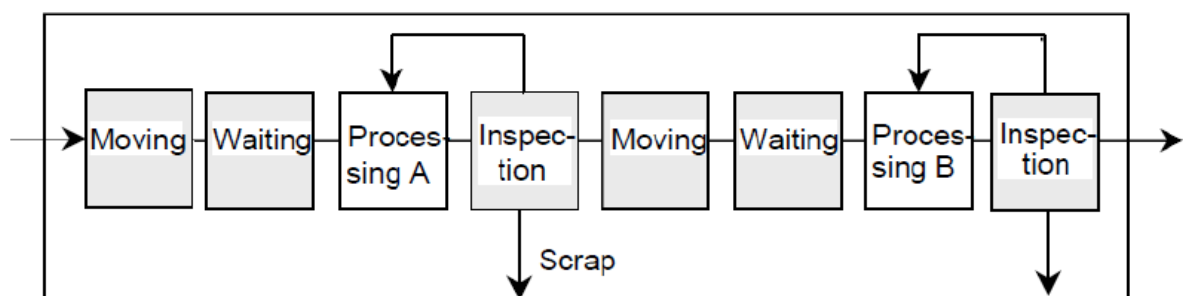
Koskela (2000) definerer transformasjon som: «A conversion of an input to an output». I produksjonsprosessen kan input være ressurser som mannskap, planer, verktøy og materialer. Input er altså alle nødvendige ressurser som skal til for å skape et sluttprodukt, det vil si en output. Transformasjonsprosessen kan dekomponeres til flere delprosesser, hvor output av delprosess A er input i delprosess B. Dette er illustrert i Figur 6. Basert på denne tankegangen kan den totale kostnaden i en produksjonsprosess, reduseres ved å redusere kostnadene til hver enkelt delprosess (Koskela, 2000). Dette forutsetter at de ulike delprosessene er uavhengig av hverandre.



Figur 6: Transformasjon ifølge TFV-teorien (Koskela, 2000)

Ifølge Bertelsen (2005, referert i Skappel, (2017)) er systemer, regler, prosedyrer, praksis og atferd i byggebransjen basert på denne transformasjonstenkningen som det tradisjonelt har vært et utelukkende fokus på. Dette er et problem da transformasjonsfokuset ikke tar hensyn til sløsing som befinner seg mellom transformasjonene. Dermed er det uklart i hvor stor grad potensielle hindringer som for eksempel ventetid, inspeksjoner, transport og andre variabler kan påvirke prosjektet (Koskela, 1992). Effektivisering av transformasjoner kan effektivisere transformasjonene lokalt, men det vil imidlertid bremse flyten og skape flaskehals. Det argumenteres for å ikke kun se på produksjonsprosessen som en transformasjon, men også som en flyt (Bertelsen, 2005, referert i Skappel, (2017)).

«Det som skjer mellom de verdiskapende aktivitetene kaller vi flyt» (Østby-Deglum et al., 2013). Med et flytfokus blir ventetid, inspeksjoner og transport mellom transformasjonene sett på som ikke-verdiskapende aktiviteter som ønskes eliminert (Koskela, 2000). Figur 7 visualiserer produksjon som en flytprosess, der de grå boksene representerer ikke-verdiskapende aktiviteter og de hvite representerer verdiskapende aktiviteter.



Figur 7: Produksjon som en flytprosess (Koskela, 2000)

Både Ballard (2000) og Koskela (1992) understreker at hvorvidt flyten i et system er god i stor grad påvirker hvor effektiv produksjonen er. Ballard et al. (2001) fremhever at flytfokus i prosjekter vil føre til å eliminere forsinkelser og ventetid mellom prosessene, noe som vil redusere gjennomføringstiden og mengde omarbeid. Dette kan oppnås gjennom økt planlegging og kontroll av flyt. Større fokus på flyt vil gi mer forutsigbarhet i produksjonen.

I likhet med Lauri Koskela, har Glenn Ballard og Gregory Howell vært viktige pådrivere for Lean Construction. Mens Koskela har stått for utviklingen av teori for produksjonsprosessene i

byggeprosjekter, har Ballard og Howell utviklet flere arbeidsmetoder og verktøy (Ballard, 2000). Mange av verktøyene som er utarbeidet innen Lean Construction er også sentrale i VDC-rammeverket. Underveis i utviklingen av Lean Construction har flere organisasjoner og nettverk blitt dannet. De viktigste er International Group of Lean Construction (IGLC) som ble grunnlagt i 1993 og Lean Construction Institute (LCI) som ble grunnlagt i 1997. Lean Construction er svært utbredt i Norge, og det finnes et eget Lean Construction Norge.

3.3.2 Last Planner System

Last Planner System (LPS) er et system for å planlegge og styre flyten i prosjektbasert produksjon, og er en del av Lean Construction (Ballard, 2000). LPS har til hensikt å redusere variabilitet, øke planpålitelighet og bedre prosjekters ytelse (Hamzeh et al., 2009). I praksis handler LPS om fem prinsipper (Kalsaas, 2017):

- Å øke detaljeringsgrad på planleggingen desto nærmere man kommer den faktiske utførelsen
- Å planlegge sammen med dem som skal utføre arbeidet
- Å identifisere og fjerne hindringer for planlagte oppgaver i grupper
- Å utarbeide pålitelige forpliktelser for at arbeid utføres som avtalt
- Å ta lærdom av tilfeller hvor problemer oppstår

Hovedtanken bak LPS er å forbedre planleggingsprosessen og gjennomføringspresisjonen i byggeprosjekter, ved å kun gjennomføre aktiviteter og arbeidsoppgaver når alle nødvendige forutsetninger er å plass (Ballard, 2008; Koskela, 2000). LPS legger til rette for bedre planlegging og kontroll av prosjekter, noe som vil resultere i økt produksjonsflyt.

I utgangspunktet ble LPS utviklet for produksjonsprosessen, hvor de utførende aktørene utarbeider den endelige planen for arbeidsoppgavene som skal gjennomføres. Begrepet «Last Planner» kommer fra prinsippet om at det er det siste leddet i planleggingskjeden som skal utarbeide planer (Ballard, 2008). I dag benyttes LPS til å planlegge både produksjon og prosjektering, og involverer de ulike aktørene i større grad enn tradisjonell planlegging. LPS benyttes i prosjekteringsprosessen ved at det er tegningsleveranser, og ikke produksjon på byggeplass, som produseres.

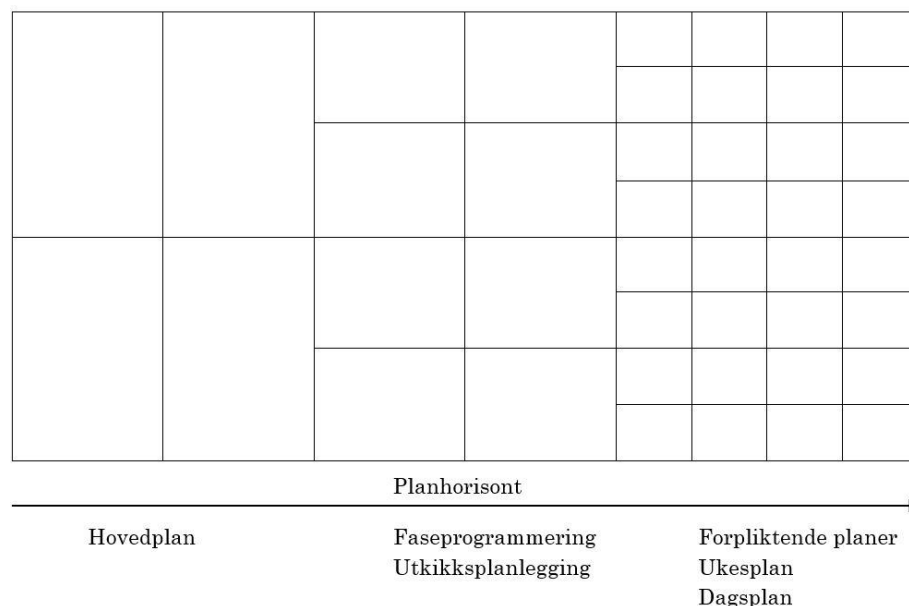
Et viktig prinsipp i LPS er å involvere prosjektaktører slik at de selv bidrar til å planlegge sitt arbeid. Man får en bedre plan når den lages i fellesskap av dem som faktisk skal gjøre arbeidet. Gjennom åpen dialog kan aktørenes kunnskap brukes til å lage god flyt i prosessene. Dessuten får aktørene økt eierskap til planen og motivasjon for å gjennomføre planen slik det er planlagt. Planlegging i fellesskap vil også bidra til å etablere pålitelige forpliktelser mellom partene, slik at alle gjør sin del innen den fristen som er planlagt. Med høy involveringsgrad kreves det god koordinering av prosessen og at de som er «Last Planners» har god innsikt i hva som skal utføres.

«LPS is the collaborative, commitment-based planning system that integrates should-can-will-did planning: pull planning, make-ready look-ahead planning with constraint analysis, weekly work planning based upon reliable promises, and learning based upon analysis of PPC and Reasons for Variance» (LCI, 2016). Målet med LPS er å skape en forutsigbar arbeidsflyt som fører til pålitelig gjennomføring (Kalsaas, 2017). Da det kan være mange usikkerheter knyttet til prosjekteringsprosessen, er det viktig å planlegge arbeidet tidlig og detaljere planleggingen jo nærmere utførelsen man kommer. I LPS operer man med fire ulike plannivåer (Kalsaas, 2017):

- Hovedplan med milepæler
- Faseplan med aktiviteter basert på pull-planlegging fra hovedplanen

- Utkvikksplan som trekker ut 6-8 uker av hovedplanen
- Ukentlig arbeidsplan med ukentlige aktiviteter fra utkvikksplanen

Jo dypere man går i nivåene, desto mer detaljert blir planene. Dette er illustrert i Figur 8. Hovedplanen med milepæler skal gi oversikt over de forskjellige fasene av et byggeprosjekt. Hovedplanen skal være kartlagt før oppstart av et prosjekt, da dette er en del av anbudet eller kontrakten. Faseplanen tar utgangspunkt i hovedplanen og deler prosjekteringen i faser. Faseplanen skal spesifisere overleveringen mellom fagene som er involvert i prosessen. En faseplan dekker typisk tre måneder. Planen etableres ved pull-planlegging fra milepæl til milepæl, som beskrevet i kapittel 3.3.3, og skal sørge for at prosjekteringen skjer i tilstrekkelig tid før produksjon. Utkvikksplanen typisk tar for seg 6 uker av faseplanen. Den oppdateres hver uke, slik at nye aktiviteter blir identifisert og planlagt, mens gjennomførte aktiviteter blir registrert som fullført. Den ukentlige planen tar utgangspunkt i utkvikksplanen og klargjør aktivitetene som skal gjøres i løpet av den kommende uka. Ukeplanen er veldig detaljert og benyttes til å måle PPU, som beskrives nærmere i kapittel 3.3.4. PPU er med er med på å avgjøre om planleggingsarbeidet har vært suksessfullt, og om de prosjekterende har klart å oppfylle løftene som ble satt under faseplanleggingen.

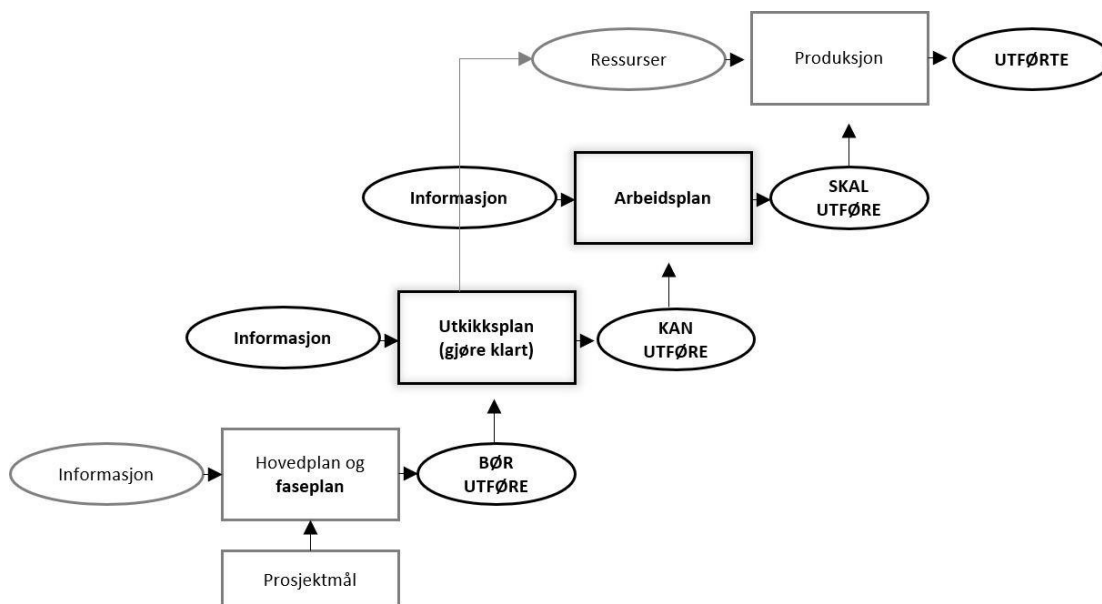


Figur 8: Gradvis detaljeringsgrad (Kalsaas, 2017)

Et viktig prinsipp i LPS er å fjerne potensielle hindringer eller begrensninger før oppstart av en arbeidsoppgave. I LPS skal planene være pålitelige, noe som tilsier at man kun skal planlegge aktiviteter som kan gjennomføres. Ballard (2000) bygger planleggingsprosessen i LPS på «BØR-KAN-SKAL-UTFØRT»-prinsippet som setter søkelyset på flyt og verdiskapning. I Figur 9 er dette prinsippet illustrert. Det som BØR utføres transformeres til det som KAN gjøres. Dette lager grunnlaget for utarbeidelse av ukeplaner. Når ukeplanene fastsettes forplikter de utførende seg til at arbeidsoppgaven SKAL utføres. Til slutt skal oppgaven være UTFØRT. Ifølge Ballard (2008) må følgende punkter gjennomgås for å kunne kartlegge arbeidet:

1. Identifisere oppgaver som er sunne
2. Bestem tilgjengelig arbeidskraft for perioden

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



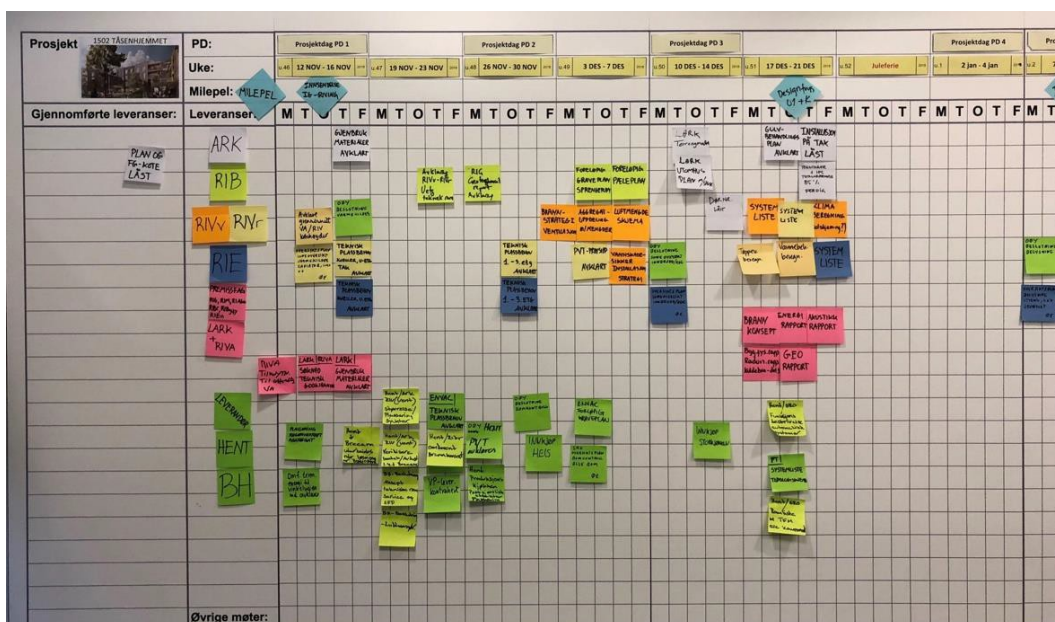
Figur 9: BØR-KAN-SKAL-UTFØRT i Last Planner (Kalsaas, 2017)

Aktivitetene i prosjekter må karakteriseres som sunne før det kan påbegynnes, og en av grunnene til det er å legge til rette for arbeidet som skal gjøres den kommende uka. Det er identifisert syv forutsetninger for at en aktivitet skal kunne kalles sunn (eng: sound), og disse må ligge til grunn for å sikre at oppgaven kan utføres (Koskela, 2000). At en aktivitet er sunn innebærer at alle forutsetninger for at aktiviteten skal kunne utføres er på plass. Kun de aktivitetene som er identifisert som sunn kan inngå i arbeidsplanen for den kommende uken. Målet er at prosjekteringen kan gjennomføres uhindret og at produktet får god kvalitet med optimale løsninger. De syv forutsetningene som må være på plass er (Koskela, 2000):

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

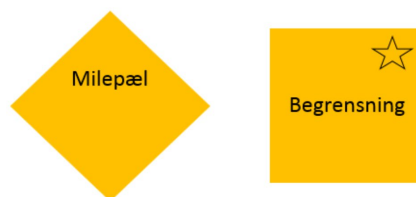
3.3.3 Pull-planlegging

Pull-planlegging (eng: Pull planning), også kalt bakoverplanlegging, er en planleggingsteknikk hvor aktørene setter en ferdigstillelsesdato for prosjektet og derfra planlegger bakover (Ballard, 2000). Det første steget i utarbeidelsen av en pull-plan er å sette milepæler for prosjektet. Milepælen definerer en dato i prosjektet hvor en aktivitet eller arbeidsoppgave, som har lang leveringstid, skal være ferdigstilt. Denne arbeidsmetodikken innebærer aktørene selv setter opp en leveranse, deretter oppretter aktiviteter og del-leveranser basert på hva som kreves for å fullføre leveransen (Forbes & Ahmed, 2011). Planen og aktiviteter blir visualisert på en tavle og brukes i møter (Ballard, 2000). Pull-planleggingstavlen, heretter kalt LPS-tavlen, er vist i Figur 10. Bortover på x-aksen på tavla er uker gitt, og nedover på y-aksen er ulike fagdisipliner og byggherrebeslutninger gitt. Post-it-lappene symboliserer ulike aktiviteter og inneholder en kort beskrivelse av aktivitetene. Post-it-lappene har ulike farger for å symbolisere ulike fagdisipliner. Dette gjør arbeidet mer transparent, slik at alle prosjektaktører får bedre oversikt over planen. Pull-planlegging inviterer til god kommunikasjon og et godt samarbeid mellom prosjektaktører.



Figur 10: LPS-tavle

Pull-planlegging skal skje i samsvar med kundens behov (Ballard, 2000). Det første steget i utarbeidelsen av en pull-plan er å sette milepæler for prosjektet. På LPS-tavlen illustreres en milepæl som en rombe, se Figur 11. Det er viktig å vurdere eventuelle begrensninger samtidig som man planlegger milepæler og aktiviteter. Disse begrensningene merkes ofte med en stjerne, se Figur 11. Prosjekteringsmøter skal alltid starte ved å engasjere deltakerne til å komme med forespørsler. Forespørslene blir analysert for å identifisere alle problemer og begrensninger som kan forhindre en prosjekteringsdeltaker fra å ikke fullføre det som er planlagt. LPS-tavlen står i møterommet under samprosjekteringsmøter og er der for å skape engasjement. Ved å lage en slik plan er det enklere å se de forskjellige avhengighetene som de forskjellige fagene har til hverandre, og det er med på å øke aktørenes forståelse for hvorfor det er viktig å følge planen. Dette gjør prosessen transparent, åpen og effektivt. I litteraturen blir pull-planlegging beskrevet som en prosess som forbereder deltakere på å gi pålitelige løfter. Implementeringen av LPS og bruk av pull-planlegging øker påliteligheten til planene, noe som er en viktig del av Lean filosofien.



Figur 11: Et eksempel på hvordan milepæler og begrensninger merkes på LPS-tavle.

3.3.4 Kontinuerlig forbedring

Kontinuerlig forbedring og læring av feil er et viktig prinsipp i Lean Construction (Kalsaas, 2017). Lean Construction har et sterkt fokus på at man over tid skal bygge en kultur for kontinuerlig forbedring – å hele tiden jobbe for å øke verdi for kunden ved å eliminere unødvendig bruk av ressurser. Lean Construction innenfor rammen av Last Planner System har hovedfokus på å tilstrebe forutsigbar og uforstyrret flyt i produksjonen (Kalsaas, 2017). Som beskrevet tidligere er reduksjon av sløsing en sentral forutsetning for å oppnå god flyt. Koskela (2000, 2004) definerer seks kategorier av sløsing som ofte forekommer i prosjekteringsfasen av et byggeprosjekt. Disse er beskrevet i Tabell 7.

Tabell 7: Kategorier av sløsing i prosjekteringsfasen (Koskela, 2000, 2004)

Sløsing i prosjektering	Forklaring
«Making Do»	En oppgave som starter uten all standard og nødvendig informasjon
Omarbeid	Prosjekteringsarbeid som må gjøres om igjen på grunn av at løsningen ikke passer dets formål eller krav
Teknologiske løsninger	Mangel på systemstruktur, kontrollinstrumenter, forbedringsprosedyrer eller utilstrekkelig teknologiske løsninger
Informasjonslogistikk	Dårlig eller mangelfull overføring av informasjon mellom prosjekteringsdeltakere internt og med interessenter eksternt
Unødvendig arbeid	Utarbeidelse av irrelevant prosjekteringsmateriale som leder til økt og unødvendig arbeid
Venting	Venting på informasjon som hindrer effektiv bruk av tid

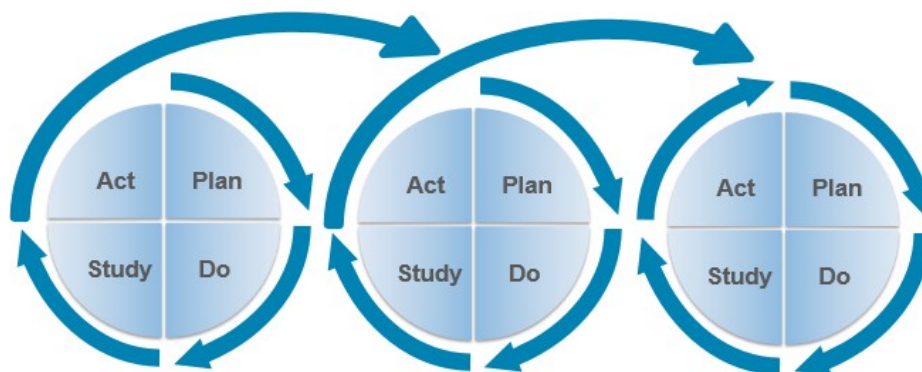
Lean-tankegangen baserer seg på å hele tiden jobbe mot å oppnå forbedringer ved å fokusere på små endringer som fører til kontinuerlige forbedringer. Koskela et al. (2002) mener at forbedring i prosjekter er nært knyttet til kontroll. Målinger og kontroller bidrar til å identifisere årsaker til feil og mangler, slik at de kan bli behandlet deretter. Videre beskriver Koskela (2000) målinger som et viktig virkemiddel for å oppnå kontinuerlig forbedring, da man er helt avhengig av å måle hvorvidt ønsket forbedring faktisk forekommer. Hensikten med målinger er å oppdage flaskehals, stimulere til pålitelighet, finne svikt i flyten og eliminere årsaken til svikt (Skappel, 2017).

Lean Construction setter fokus på kontinuerlig forbedring gjennom benchmarking, bruk av ukentlige målinger som PPU (Prosent Planlagt Utført) og rotårsaksanalyser. Disse målingene er forklart nærmere i kapittel 3.5. For å måle suksess i planlegging ser man ofte på måleindikatoren PPU som er et mål på hvor mye av planen som er oppnådd for et tidsintervall (Forbes & Ahmed,

2011). Gjennom dette får man tallfestet utført fremgang versus planlagt fremgang, altså hvor mange av de planlagte arbeidsoppgavene som faktisk ble helt avsluttet (Ballard, 2000). PPU og rotårsaksanalyse er målinger som brukes til å vurdere påliteligheten til en plan. Man kan ta lærdom ut fra disse målingene og bruke de i arbeidet med kontinuerlig forbedring.

Samspillet mellom handling og refleksjon er en viktig del av det kontinuerlige forbedringsarbeidet i Lean Construction. Deming sin filosofi om kontinuerlige forbedringer ble verdenskjent gjennom Deming sirkelen, som er en enkel metode for å skape forbedringer i en organisasjon ved hjelp av endringer. Deming sirkelen var før kjent som PDCA-sirkelen (plan-do-check-act), men i 1990 endret Deming «check» til «study», da han mente at «check» ikke var nok dekkende (Evans & Lindsay, 2013). I dag brukes PDSA som en metode til evaluering og kontinuerlig forbedring av prosesser i Lean Construction (Kalsaas, 2017). Metoden er illustrert i Figur 12. PDSA består av følgende fire trinn (Evans & Lindsay, 2013):

- Plan – Kom med forslag til endringer og lag en plan for å forbedre prosesser
- Do – Implementer de ulike løsningene i form av et eksperiment for å så måle betydningen av løsningene
- Study – Evaluer resultatene etter eksperimentet, og kom med forslag om eventuelle forbedringer
- Act – Standardiser forbedringstiltakene, for å så fortsette på sirkelens plan-fase slik at man kan skape kontinuerlige forbedringer



Figur 12: Demings PDSA-sirkel (NYIT, u.å.)

Ofte kan man oppleve at planen man har laget ikke fikk den virkningen man ønsket. Da er det viktig å studere hva som skjedde, og analysere resultatet av planen. Deretter kan man lære av feilene, og sette tiltak. Dersom tiltakene gir gode resultater setter man det opp som ny standard. Hvis det ikke gir gode resultater, må man repetere PDSA-sirkelen til problemet er løst. PDSA-sirkelen fokuserer på både kortsiktige og langsiktige forbedringer. Ifølge Deming er arbeidet ment til å bli drevet av ledelsen, men alle ansatte skal likevel være med på å bidra (Evans & Lindsay, 2013).

På mange måter er LPS en iterativt PDSA-prosess. Ved hjelp av PDSA kan man imøtekomme problemene ved å involvere prosjekteringsdeltakere i evalueringsprosessen. Gjennom PDSA-sirkelen vil de den ukentlige arbeidsplanen som er satt bli evaluert i fellesskap gjennom ukentlige PPU og rotårsaksanalyser. Resultatene av målingene studeres, da de vil gi en pekepinn på hva som må gjøres for å forbedre planene til neste uke. PDSA gir prosjekteringsdeltakere tilliten og muligheten til å kunne gjøre tiltak selv. Det vil føre til mer eierskap til eget arbeid, noe som resulterer i at folk vil jobbe for å levere bedre resultater. PDSA-metoden og Lean-tankegangen sikrer kontinuerlig læring under byggeprosessen.

3.4 VDC

Virtual Design and Construction (VDC) er et rammeverk for gjennomføring av byggeprosjekter som ble introdusert av Kunz og Fischer i 2001 (Kunz & Fischer, 2012). Rammeverket er utviklet av Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University. VDC består av verktøy og metodikker for planlegging og ledelse av byggeprosjekter og prosjekteringsprosessen. Det handler om å optimalisere prosjekter ved bruk av verktøy og metodikker for mer hensiktsmessig tidsbruk og best mulig måloppnåelse.

VDC-rammeverket bygger på Lean-tankegangen og det er mange fellestrekk mellom disse. Lean Construction og VDC utfyller hverandre godt, selv om den ene ikke er en forutsetning for den andre. Flere forskere har argumentert at VDC og Lean fungerer godt sammen (Khanzode, 2010; Khanzode et al., 2006; M. Mandujano et al., 2016; M. G. Mandujano et al., 2015). Ifølge Mandujano et al. (2015) kan en Lean-tankegang hjelpe VDC-prosjekter med å redusere ikke-verdiskapende aktiviteter og effektivisere prosessene. Den nære koblingen mellom Lean Construction og VDC kommer også frem i VDC-metodikkene. Kunz og Fischer (2012) definerer VDC på følgende måte: «Virtual Design and Construction is the use of integrated multi-disciplinary performance models of design-construction projects to support explicit and public business objectives.»

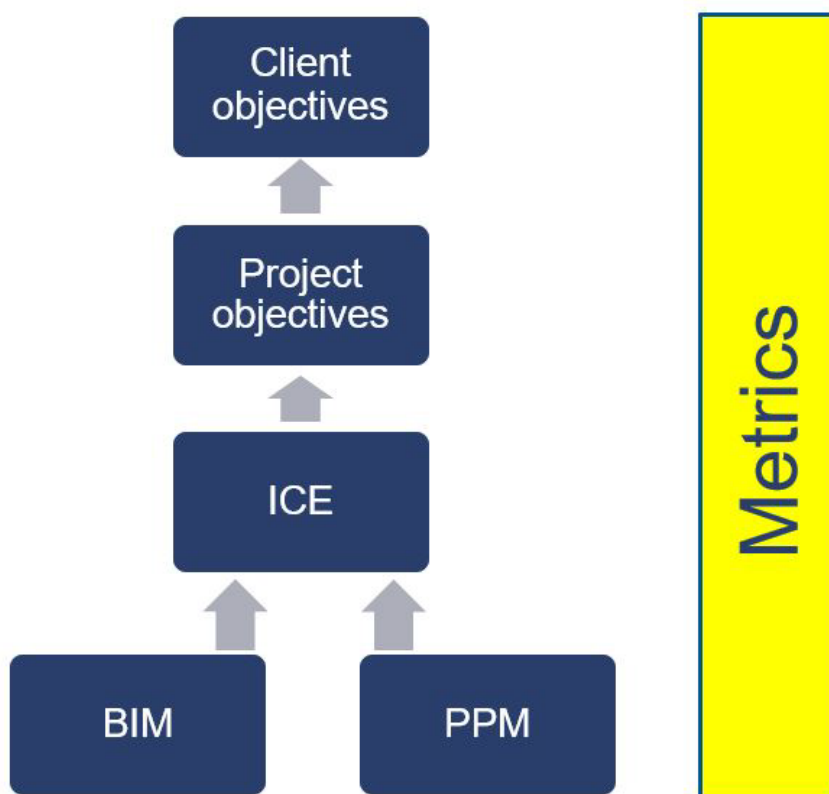
Kunz og Fischer (2012) uttrykker at modellene er integrerte i den forstand at alle som er involvert i det aktuelle prosjektet har tilgang på felles informasjon som ligger i modellen. Det betyr at dersom det gjøres en endring i én modell, så vil de integrerte modellene kunne synliggjøre og endre aspektene som påvirkes av denne endringen. VDC defineres også som bruken av tverrfaglige ytelsesmodeller av byggeprosjekter, inkludert selve bygget, arbeidsprosesser og organiseringen av prosjekterings-, bygge- og driftsteamet for å kunne støtte forretningsmålene (Knotten & Svalestuen, 2014). Med andre ord er VDC en arbeidsmetodikk for bruk og håndtering av tverrfaglige modeller for å fremme og støtte prosjektets formål, verdi og suksesskriterier (Khanzode et al., 2006). VDC bygger videre på Lean-tankegang. Rammeverket retter fokus mot hva som tilfører et prosjekt verdi, og minimerer aktiviteter som ikke tilfører prosjektet verdi (Khanzode et al., 2006).

Ifølge Kunz og Fischer (2012) kan en prosjektleder styre tre ting i et byggeprosjekt: 1) Design av produktet som skal lages, 2) oppbyggingen av prosjektorganisasjonen, og til slutt 3) prosjekterings- og produksjonsprosessen. Kunz og Fischer (2012) omtaler denne prosjektmodellen som Produkt-Organisasjon-Prosess-modellen, også kalt POP-modellen. POP-modellen er et sentralt hjelpemiddel og utgangspunkt for utvikling av de virtuelle modellene som benyttes innen VDC. POP-modellen er objekt-orientert i den forstand at hver av de tre modellene har en veldefinert og klar mening for prosjektets involverte aktører og interessenter. Kunz og Fischer (2012) utdyper at produkt-modellen definerer de ulike fysiske bygningselementene som inngår i prosjektet. Organisasjonsmodellen definerer de forskjellige organisatoriske gruppene som inngår i prosjektet, og prosessmodellen definerer ulike aktiviteter, arbeidsoppgaver og milepæler som må nås for å få til dette.

Byggeprosjekter er avhengig av at disse tre modellene utvikles i tett koordinasjon, så tidlig som mulig, før det er investert veldig mye tid eller penger i prosjektet. Gjennom en samlet utvikling av disse tre modellene er det mulig å forbedre kvaliteten og redusere mengden omarbeid i et prosjekt (Kunz & Fischer, 2012). Ved å benytte virtuelle POP-modeller i prosjekteringsfasen vil det være mulig å forstå prosjektets kompleksitet, forutse og analysere fallgruvene en kan møte på (Khanzode et al., 2006).

Litteraturen varierer med hvilke hovedelementer rammeverket består av. Figur 13 illustrer hvordan de ulike elementene henger sammen. Den generelle oppfatningen er at VDC består av fem integrerte konsepter (Fischer, 2011; Rischmoller et al., 2018):

1. Kundemålsetting og prosjektmål
2. BIM+
3. Samprosjektering (ICE)
4. Prosess- og produksjonsledelse (PPM)
5. Målinger



Figur 13: VDC-rammeverket (Naborczyk, 2021)

3.4.1 Kundemålsetting og prosjektmål

Kunde- og prosjektmål er hovedfokuset til VDC-rammeverket (Fosse et al., 2017; Rischmoller et al., 2018). Dagens byggeprosjekter fremtrer som mer komplekse enn tidligere på grunn av mer avanserte tekniske installasjoner, et økt teknologiinnhold i bygninger, samt et økt fokus på miljø, energi og bærekraft (Khanzode et al., 2006; Knotten et al., 2017). VDC er en metodikk for å løse komplekse prosjekterings- og byggeproblemer gjennom integrert tverrfaglig samarbeid med felles målformulering (Rischmoller et al., 2018). Målet med VDC er å motivere alle prosjektaktører til felles prosjektmålsetting som støtter kundens målformulering. Hele prosjektteamet må ha riktig forståelse av byggherrens ønsker for å kunne levere riktig bygg. VDC er altså en arbeidsmetodikk for bruk og håndtering av tverrfaglige modeller for å fremme og støtte prosjektets formål, verdi og suksesskriterier.

I dag ønsker byggherre optimal bruksnytte og bærekraft til en så lav livssyklus-kostnad som mulig, det vil si lave bygge- og FDVU-kostnader. Tradisjonelt har det vært fokus på å prosjektere og bygge billigst og raskest mulig (Rischmoller et al., 2018). Fischer et al. (2017) påpeker at en bygning av høy verdi fungerer som en integrert helhet, ikke en samling av deler. VDC sikter på å skape bygninger som er brukbare, byggbare og bærekraftige. Dette muliggjøres gjennom klare, felles prosjektmål og integrerte samhandlingsformer som ICE. For å være i stand til å kunne skape slike bygninger må prosjektteamet (Fischer et al., 2017):

1. Identifisere kundens og brukernes behov og målsettingen for prosjektet
2. Transformere disse behovene og målene til spesifikke ytelsesmål for bruk og drift av bygningen
3. Designe prosjektorganisasjon og arbeidsaktiviteter, og tilhørende målsettinger og målinger/måleobjekter
4. Prosjektere og bygge en bygning som legger til rette for bærekraftig bruk og drift

Videre forklarer Fischer et. al (2017) at dette er likevel ikke enkelt. Det er fordi behovs- og målformuleringer er ikke tilfredsstillende detaljert tidlig i prosessen, og romutforming vektlegges ofte høyere enn ytelsesmål. Sammenhengen mellom bygningens bruksverdi, bygningens ytelse og prosjektering/bygging ikke er til stede tidlig i byggeprosessen. Hersey og Blanchard (1993, omtalt i Frøystad, (2014)) påstår at mål bør være SMARTe, det vil si «Specific, Measurable, Attainable, Realistic, og Tangible». Med utgangspunkt i dette omtaler Samset (2014) idealet for målsetning i prosjekter, illustrert i Tabell 8.

Tabell 8: SMART-målformulering (Samset, 2014)

Bokstav	Forkortelse for	Betydning
S	Spesifikk	Skal ikke kunne misforstås og målet må være kvantifiserbart
M	Målbart	Skal kunne bruke en målemetode for å fastslå grad av oppnåelse og målemetode må oppgis
A	Akseptert	Akseptert av alle parter om mulig
R	Realistisk	Oppnåelig med tilgjengelige ressurser
T	Tidsbegrenset	Tidspunkt for måloppnåelse er avklart

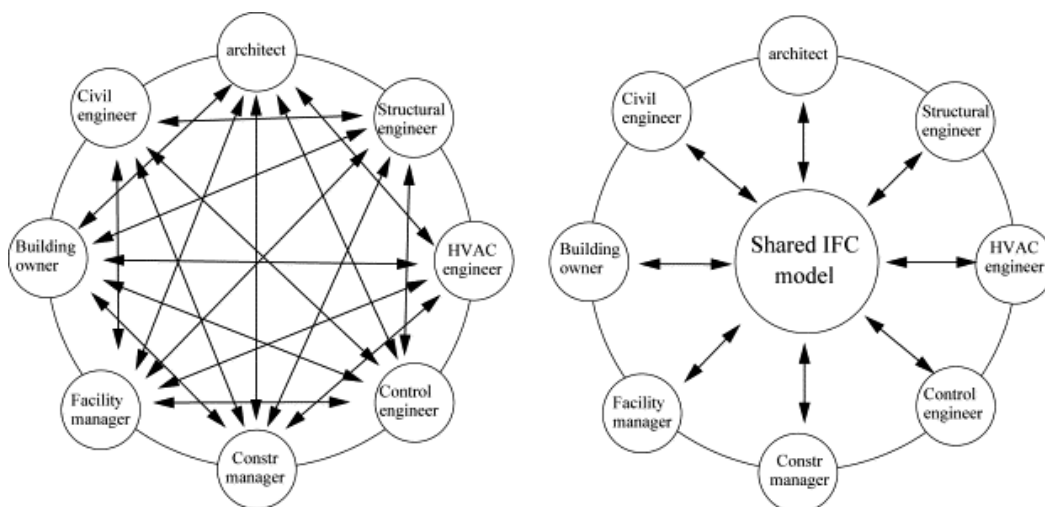
3.4.2 BIM

Bygningsinformasjonsmodeller, heretter kalt BIM, er et av hovedverktøyene som blir tatt i bruk i VDC-rammeverket. Det er mange ulike definisjoner på BIM. Noen referer til BIM som et digital produkt, mens andre refererer til prosessen med å lage BIM-modellen i samarbeid og bruken av den (Fosse et al., 2017). Ifølge Smith (2007, referert i Fosse et. al., (2017)) er BIM en digital og virtuell fremstilling av en bygning inkludert byggets fysiske og funksjonelle karakteristikk. Samtidig defineres BIM av Eastman et al. (2008, referert i Fosse et al., (2017)) som et verb eller adjektivuttrykk for å beskrive verktøy, prosesser og teknologier som tilrettelegges av digital maskinlesbar dokumentasjon (eng: machine-readable) om bygningen, dens ytelse, dens planlegging, dens konstruksjon og senere dens drift. Kort sagt er BIM et av hovedverktøyene for analyse og styring av både prosjektering og produksjon i VDC-metodikken. For å utnytte potensialet som ligger i BIM kreves det en høy grad av interaksjon mellom ulike prosjektaktører (Rekola et al., 2010). BIM-modellen skaper en kommunikasjons- og informasjonsplattform for de prosjekterende og stimulerer til et tidlig samarbeid mellom de relevante aktørene.

Ved å bruke en felles 3D-modell i tidligfasen av prosjektet, kan prosjekteringsgruppen skape en felles visjon om bygningen og dens funksjoner (Khanzode et al., 2006). En felles BIM-modell gjør det mulig for alle prosjektaktører å få en nøyaktig visualisering av bygningen. Prosjekteringsgruppen kan da kommunisere mål, krav og utfordringer i prosjektet mye tidligere og tydeligere enn det som hadde vært tilfelle uten en felles BIM-modell. VDC legger også vekt på å benytte BIM-modellen på en hensiktsmessig måte i beslutningsprosesser, analyser og i koordinering av arbeid. Bruk av BIM i ICE-møter gjør det enklere å utføre kollisjonskontroll og samsvarskontroll mellom de ulike fagene (Østby-Deglum et al., 2013). Ved å gjennomføre kontroller kan koordineringsfeil og geometriske feil unngås, og dermed blir mengden av omarbeid minimert. BIM sin bruksområder i prosjekteringsprosessen er (Knotten & Svalestuen, 2014; Rischmoller et al., 2018; United BIM, u.å.):

- Visualisering av arkitektur
- Kollisjonskontroll og samsvarskontroll
- Tids- og kostnadsestimering
- 3D-, 4D-, 5D-, 6D- og 7D-simuleringer
- Verktøy for å analysere designalternativer
- Informasjon- og samhandlingsplattform for prosjekterende

Etter utarbeiding av fagspesifikke BIM i ulike modelleringsprogrammer, vil disse sammenstilles til en felles BIM-modell. Dette betegnes som åpenBIM og det legger til rette for bedre koordinering av ulike faggruppene (buildingSMART, 2019). ÅpenBIM består av mange filer fra ulike modelleringsprogrammer, som de ulike aktørene foretrekker for sitt fagfelt, konvertert til ett felles filformat kalt IFC. 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, 2014). Ved bruk av IFC har alle deltakere i prosjekteringsgruppen tilgang til å lese den sammenstilte modellen og jobbe effektivt uten feil (buildingSMART, 2019). Figur 14 visualiserer tradisjonell informasjonsutveksling kontra informasjonsutveksling ved bruken av en delt IFC-modell (Chen et al., 2005). Knotten og Svalestuen (2014) mener at en nøkkelfaktor for god bruk av BIM er en ryddig filstruktur, både når det gjelder navngiving og deling av filstruktur. Et annet viktig moment for god bruk av BIM er hensiktsmessig prosjektnedbrytningsstruktur (eng: product breakdown structure, PBS), som er tilrettelagt den fysiske monteringen i produksjonsfasen (Knotten & Svalestuen, 2014).



Figur 14: Tradisjonell informasjonsutveksling vs delt IFC-modell (Chen et al., 2005)

Den utstrakte bruken av BIM setter nye krav til prosjektering og samhandling i byggeprosjekter (Fløisbonn et al., 2018). Det viser seg at bruken av BIM i dag fører til sløsing i prosjekteringsprosessen, grunnet dårlig kommunikasjon og manglende struktur i prosjekter. Mye av terminologien i bransjen er i dag knyttet til arbeidsprosesser som baserer seg på tradisjonell prosjektering uten BIM, for eksempel «skisser» og/eller «arbeidstegninger». Fløisbonn et al. (2018) oppdaget at næringen har et behov for et felles standardisert språk, som kommuniserer ferdigraden av objektene i BIM-modellen på en entydig måte. Derfor ble veilederen «Modell Modenhets Indeks (MMI)» utarbeidet i 2018. MMI danner grunnlaget for å etablere interne rutiner og felles terminologi i byggeprosjekter.

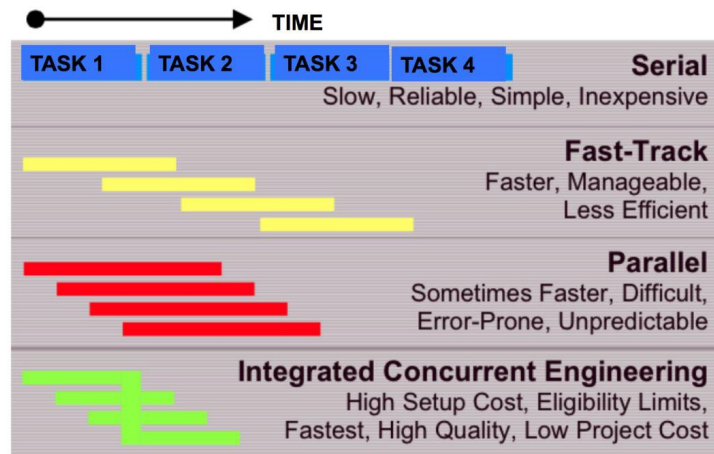
MMI er ment å være et verktøy og metodikk for kommunikasjon av modenhet i prosjekteringsprosessen. MMI beskriver modningsgraden av objektene i BIM-modellen ved bruk av omforente tallkoder, både med tanke på geometri og informasjonsinnhold (Fløisbonn et al., 2018). Hovedtanken bak MMI er å kunne planlegge når objekter i hele eller deler av konstruksjoner skal ha en gitt verdi av MMI, slik at man kan styre prosjekteringsforløpet på en måte som er mer i tråd med de verktøyene som er tilgjengelig gjennom bruk av BIM (Fløisbonn et al., 2018). Ved å bruke MMI som et planleggingsverktøy kan man blant annet planlegge beslutningstaking og kollisjonskontroller i et prosjekt på en enklere måte. MMI baserer seg på en prosess med ulike prosjekteringsaktiviteter som leder frem til de ulike MMI-nivåene. Dette kan sees i Figur 15.



Figur 15: Prosjekteringsaktiviteter og MMI-nivåer (Fløisbonn et al., 2018)

3.4.3 ICE

Integrated Concurrent Engineering (ICE), på norsk kalt samtidig prosjektering eller samprosjektering, er det andre hovedverktøyet som blir tatt i bruk i VDC-metodikken (Knotten & Svaldestuen, 2014). Utgangspunktet for samprosjektering er «Extreme Collaboration» utviklet av NASAs Jet Propulsion Laboratory (JPL). Samprosjektering ble benyttet av NASA for prosjektering av romferdsoppdrag (Rischmoller et al., 2018). ICE er en møtemetodikk som bringer prosjekteringsgruppen sammen i en integrert og samlokalisert prosess. Ved å samle hele prosjekteringsgruppen er det mulig å forandre prosjekteringsprosessen fra en lineær prosess til en integrert prosess med godt samarbeid, som tilrettelegger for blant annet lave kostnader og arbeid mot felles målsetninger (Chachere et al., 2009). Figur 16 illustrerer forskjellene mellom en tradisjonell prosjekteringsprosess og en prosjekteringsprosess ved bruk av ICE. Ved å benytte ICE er det mulig å prosjektere på en kortere tid, til en lavere kostnad, og til en bedre kvalitet enn hva man gjorde ved tradisjonell prosjektering. Derfor videreutviklet CIFE dette konseptet til å gjelde for byggebransjen (Kunz & Fischer, 2012).



Figur 16: ICE-basert prosjektering (Chachere et al., 2009)

Ifølge Fischer et al. (2017) handler ICE om å involvere alle relevante interessenter, ressurser og beslutningstakere slik at større beslutninger kan tas som et team. Tradisjonelle møter lider ofte av vage møteagendaer, dårlig forberedelse av deltagerne og uklar logging av beslutninger og oppfølgingsarbeid (Fosse et al., 2017). ICE-møter motvirker disse utfordringene med en klar agenda med eksplisitte mål, aktiv problemløsning, tidsbestemte oppgaver og godt forberedte prosjekteringsdeltagere. Det kreves god og nøyaktig planlegging i forkant for å sikre kvaliteten på ICE-møter (Østby-Deglum et al., 2013). Ved å definere den overordnede hensikten og målene med ICE-møtene, sikres oppmerksomheten på fremdriften i prosjektering. Dette skal forhindre dødtid, langvarige beslutningsprosesser, og gi bedre kommunikasjon og styrke oppmerksomheten til prosjektdeltagere.

ICE legger opp til at store deler av prosjekteringsprosessen er koordinert og utformet på samme tid og sted av tverrfaglige grupper. Når alle relevante aktører er samlet kan rådgivernes løsninger diskuteres og eventuelt modifiseres med en gang, i stedet for å måtte arrangere nye møter. Dette kalles for «reduced latency» (Chachere et al., 2009). Dessuten kan prosjekteringsgruppen få umiddelbar tilbakemelding på forslagene som legges frem dersom byggherre er til stedet. Dette skal sikre bedre flyt i prosjekteringsprosessen. ICE gjør det mulig på en ryddig måte å ta tak i alle de gjensidig avhengige aktivitetene som man støter på i en tverrfaglig prosjekteringsprosess (Kunz & Fischer, 2012).

Ved ICE-møter lønner det seg å ha spesielt tilpassede arbeidsrom kalt Big Room. Dette rommet bør være tilrettelagt for god kommunikasjon med hele prosjekteringsgruppen gjennom presentasjonsverktøy og tilgang til internett. Alle aktører skal kunne jobbe samtidig ved hjelp av datamaskiner, felles databaser og storskjermer. Det skal være mulig å kunne vise BIM-modellen på storskjermer og utføre kontroller i den. Målet er at man skal samarbeide bedre og oppnå bedre forståelse for hverandres arbeid, noe som visualisering kan bidra stort med. En ulempe med ICE-møter er at de kan oppleves som svært intense og kan være psykologisk krevende for deltakerne. For enkelte kan det være en utfordring å sitte og å jobbe med fokuskrevende arbeidsoppgaver i et åpent landskap, mens andre har samtaler (Østby-Deglum et al., 2013).

3.4.4 PPM

Prosess- og produksjonsledelse, på engelsk kalt Project Production Management (PPM), er den delen av VDC som fokuserer på organisasjon og kontroll av prosjektets fysiske arbeidsaktiviteter (Rischmoller et al., 2018). VDC kombinerer fokus på fysiske arbeidsaktiviteter fra PPM med det menneskelige fokuset fra Lean Construction (Rischmoller et al., 2018). Kort forklart handler det om å kombinere konfigurering og organisering av det fysiske arbeidet med prosjektstyring og organisering av prosjektets interessenter. En teknikk med utgangspunkt i denne metodikken er Last Planner System, som ble forklart i kapittel 3.3.2. LPS er en av de mest utbredte formene for PPM i VDC-prosjekter i dag. LPS handler om å skape verdiflyt gjennom pull-planlegging. Effekten av PPM og Lean Construction forsterkes gjennom samlokalisert samhandling og samprosjektering.

3.4.5 Målinger

Målinger (eng: metrics) er et fellesbegrep for strategiske målinger av prestasjonen og funksjonen til en prosess. Målinger benyttes til å kontrollere målsettinger, evaluere suksess og styre prosjekter mot ønsket kvalitet og fremgang (Fischer et al., 2017; Forbes & Ahmed, 2011; Knotten & Svalestuen, 2014). Målinger er et sentralt virkemiddel for å øke effektiviteten i prosjekteringsfasen og for å få bedre kontroll over de ulike prosessene i denne fasen (Knotten & Svalestuen, 2014). Med kontroll i denne sammenheng menes det innhenting av informasjon for å evaluere status på de avtalte og planlagte prosessene i prosjekter. Knotten og Svalestuen (2014) utdyper at kontroll baserer seg på fakta om hendelser som har vært, og som videre påvirker forventningene våre om fremtiden. VDC-prosjekter retter søkelys på å styre prosjektene basert på målinger som gjøres underveis og ikke bare på slutten av prosjektet. For å kunne styre resultatene av en prosess, er det nødvendig å gjennomføre målinger underveis i prosessen og kontinuerlig gjennom hele prosjektets varighet (Knotten & Svalestuen, 2014).

VDC handler om utviklingen av POP-modell og kontinuerlig forbedring. Ved å ta målinger kan man fange opp trender i prosjekteringsprosessen og være i stand til å tilpasse produkt-, organisasjon- og prosessmodellen for å oppnå kunde- og prosjektmålene. Hensikten med målinger er å optimalisere prosessene og få bedre resultater. Målinger bidrar til at prosjektgruppen får bedre forståelse og muligheter til å ta beslutninger (Fischer et al., 2017).

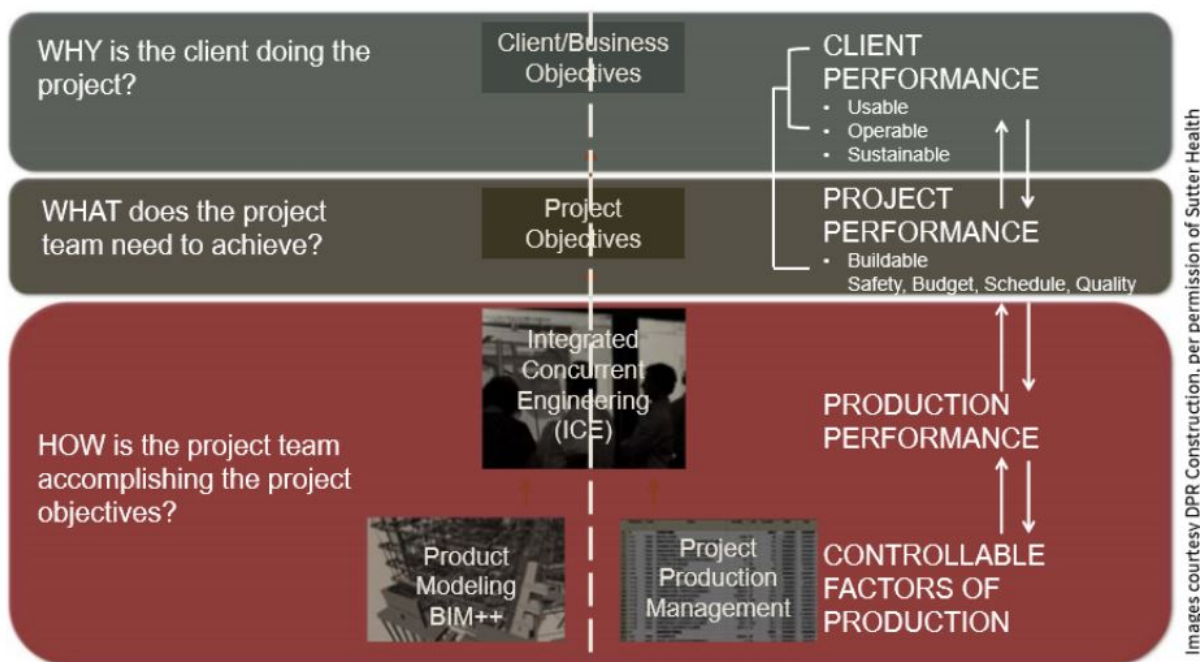
I den tidlige fasen av et byggeprosjekt har prosjektledelsen og prosjekteringsgruppen ansvar for å utvikle spesifikke prosjektmål og målinger for prosjektet basert på byggherrens ønsker. Prosjektledelsen må nemlig oversette kundemål til bruk-, drift- og bærekraftsmål sammen med målene for sikkerhet, kvalitet, fremdriftsplan og kostnad for å måle byggbarhet (Fischer et al., 2017; Rischmoller et al., 2018). Disse målsettingene og målingene skal adressere byggbarhet, prosess- og produksjonsstyring, og ikke minst kostnads- og tidsplanbegrensninger (Fischer et al., 2017). Kunz og Fischer (2012) skiller mellom tre typer målsettinger som må måles:

1. Kontrollerbare prosjektfaktorer (eng: Project controllable factors). Disse er tilstander som en prosjektleder eller prosjekteringsleder kan styre på en daglig og ukentlig basis. Med andre ord er kontrollerbare faktorer målbare handlinger som man kan gjøre og som er direkte påvirkbare. Kontrollerbare prosjektfaktorer påvirker prosessprestasjon og prosjektresultater. Hovedtanken er at oppmerksomhet rundt de kontrollerbare faktorene fører til forbedret prosessprestasjon, som også er målbart. Eksempler på kontrollerbare faktorer er planlegging av bruken av VDC i et prosjekt, valget av hvilke personer som skal ansettes og hvordan man skal oppnå god visualisering.

2. Prosjekt prosessmålsetninger (eng: Project process objectives). Disse er kvantitative målinger som måles ofte og blir rapportert til prosjektledelsen på en ukentlig basis for videre ledelse og beslutninger. Prosessmålsetninger er med på å bedømme hvor gode tidligere valg i prosjektet, blant annet valg av kontrollerbare faktorer, har vært. Oppnåelse av disse øker sjansen for at prosjektet øker den indre effektiviteten. Prosessmålsetninger har dermed en indirekte virkning på det endelige prosjektresultatet.
3. Prosjekt resultatmålsetninger (eng: Project outcome objectives). Disse faktorene er målbare i slutten av prosjektet. Disse prestasjonsfaktorene er kvantitative og er enkelt å visualisere. Eksempel på resultatmålsetninger er total kostnad, tid, kvalitet og sikkerhet målt opp mot anslåtte verdier og målsetninger i forkant og underveis i prosjektet (Kunz & Fischer, 2012).

Produksjonsmålinger (eng: Production metrics) er en annen viktig måling som adresseres i litteraturen (Fischer et al., 2017). Produksjonsmålinger er de målingene som prosjekteringsteamet bruker til å måle og overvåke arbeid for å vurdere og styre produksjonen, vanligvis daglig, ukentlig eller månedlig. Produksjonsmålinger er noe man måler jevnlig. Disse er ikke direkte påvirkbare, men man kan benytte seg av kontrollerbare faktorer eller andre tiltak for å kunne påvirke resultatet.

Alle målinger bør være knyttet opp mot prosjektets mål (eng: goals) og målsettinger (eng: objectives) (Fischer et al., 2017). Dessuten bør prosjektmålene og suksesskriteriene for et prosjekt beskrives av parametere. Disse parametere bør være målbare, slik at fremgangen kan vurderes og gjøres mer forutsigbar gjennom kontrollerbare prosess- og prestasjonsmålinger (Fischer et al., 2017). Sammenhengen mellom kunde- og prosjektmålene, ICE, BIM, PPM, kontrollerbare prosjektfaktorer og produksjonsmålinger er vist i Figur 17. I Tabell 9 er det vist eksempler på ulike typer mål og målinger.



Figur 17: Oppsummering av VDC-rammeverket (Fischer et al., 2017)

Tabell 9: Eksempler på ulike typer mål og målinger

Type mål	Eksempel
Kundemål	Vedlikeholdskostnader redusert $\geq 20\%$ Besøkstall økt $\geq 10\%$
Prosjektmål	Overleveringspunkt 1. juni 2023 90 % av milepælene nådd
Produksjonsmåling	PPU $\geq 70\%$ Oppmøte i ICE-møter $\geq 90\%$ ICE-agenda utført $\geq 75\%$ Antall kollisjoner per sone ≤ 1000
Kontrollerbarfaktor	Sjekke fremdriftsplan ≥ 1 gang per uke Agenda utsendt før møtet ≥ 5 dager Kollisjonskontroll i BIM ≥ 2 ganger per måned Oppdatering av BIM-samlemodell ≥ 4 ganger per måned

Målinger innen VDC legger vekt på Lean-tankegangens prinsipp om kontinuerlig forbedring underveis i prosessen, der man følger PDSA-metoden (Kunz & Fischer, 2020). Kunz og Fischer (2020) mener at det er viktig «å feire og lære av gode prestasjoner, og identifisere eksistens, årsaker og utbedringsmetoder for prestasjoner som ikke er så god». Gjennom målinger har man mulighet til å identifisere hva som ikke fungerer, eventuelt fungerer dårlig, slik at det er mulig å gjøre endringer underveis på ineffektive prosesser (Knotten & Svalestuen, 2014). Utfordringen ligger i å definere meningsfulle målinger som kan knyttes opp mot prosjektmålene, og gjøre prosjektlederne i stand til å kontrollere faktorer for å nå disse målene (Fischer et al., 2017). Khanzode (2010) mener at målinger bør være tydelig og transparente, og bli brukt til å forbedre oppførselen til prosjektdeltakere. Dette gjelder uavhengig av om prosjektet benytter VDC eller ikke. Visualisering og god tilgjengelighet er også kritisk for virkningen av målingene. Fosse et al. (2017) understreker at VDC, dermed målinger, bør først og fremst implementeres i de prosjektene og de prosjekteringsteamene som ønsker forandring. Tanken er at de som er imot endringen vil se de gode resultatene som oppnås og ville være med i bevegelsen.

3.5 Anbefalte VDC-målinger i litteraturen

Flere forskere har foreslått målinger for prosjekter som benytter VDC (Fischer et al., 2017; Fosse et al., 2017; Knotten & Svalestuen, 2014; Kunz & Fischer, 2012). Rischmoller (2018) uttrykker at de mest nyttige målingene for prosjekteringsfasen er proaktive målinger som fokuserer på områder som prosjekteringsledelsen mener er viktig. Eksempler på den type målinger er møteevalueringer, møtedeltakelse og omfanget av BIM-bruk. Belsvik et al. (2019) har laget en liste over foreslåtte målinger for prosjekteringsfasen i VDC-prosjekter. Tabell 10 viser hvilke publikasjoner som har anbefalt de ulike målingene. De anbefalte målingene fra litteraturen er presentert for å vise eksempler på målinger for kontinuerlig forbedring av prosjekteringsprosesser.

Tabell 10: Anbefalte målinger i litteraturen utarbeidet av (Belsvik, 2019)

Måling	Kunz & Fischer (2012)	Hamzeh & Aridi (2013)	Knotten & Svalestuen (2014)	Fischer et al. (2017)	Fosse et al. (2017)
Prosent Plan Utført (PPU)	x	x	x	x	x
Tasks Anticipated (TA)		x		x	
Tasks Made Ready (TMR)		x		x	
Rotårsaker			x	x	x
Responstregghet	x			x	
Beslutningstregghet	x				
Evaluering av møter	x		x		x
Andel mengdeberegning utført i 3D-modell vs tegninger			x	x	
Hvor mange ganger BIM ble brukt til å vurdere alternative løsninger			x		
Mengdeberegning fra 3D-modell vs faktisk brukte mengder			x	x	
Møtedeltakelse	x			x	
Kollisjoner identifisert med 3D-modell/kollisjonstrender				x	x
Mengden omarbeid	x			x	
RFI-er (Request for information) på grunn av prosjekteringskonflikter	x			x	

De anbefalte målingene fra litteraturen tar utgangspunkt i at prosjektene benytter en form samtidig og samlokalisert prosjektering, det vil si ICE-møtemetodikk. Dessuten tar målingene utgangspunkt i at prosjektene modelleres i BIM og 3D-modelleringsverktøy. Det er også lagt i grunn at prosjekteringsplanlegging skjer gjennom LPS og pull-planlegging. Mange av disse målingene måler prosess- og kommunikasjonseffektivitet. Respons- og behandlingstid for forespørsler i prosjektering er en måling av kommunikasjonseffektiviteten i prosjekteringen. Disse

målingene kan bli brukt til å vurdere hvor effektivt ICE-møtene er med tanke på å koordinere og følge opp prosjekteringen (Kunz & Fischer, 2012). Noen av de viktigste målingene er beskrevet i de neste avsnittene.

Prosent Planlagt Utført, PPU [%]

PPU er et nyttig verktøy for å måle hvor mye som er utført i forhold til hva som er planlagt. PPU tar for seg hvor mange av de planlagte arbeidsoppgavene som faktisk er helt avsluttet, og er dermed et mål på hvor mye av planen som er oppnådd for et tidsintervall (Ballard, 2000). PPU kan brukes til å måle fremdrift i forbindelse med ICE-møter og MMI i BIM-modell. Gjennom ukentlige målinger får man tallfestet utført fremgang versus planlagt fremgang. Resultatene fra målingene fremstilles i diagrammer. PPU er en viktig måling for å skape en god og forutsigbar arbeidsflyt. Et resultat mellom 80-90 % regnes å være ideelt for å oppnå forbedringer i flyten i prosjektet (Ballard, 2000). PPU beregnes etter følgende formel:

$$PPU = \frac{\text{Antall planlagte aktiviteter fullført}}{\text{Totalt antall planlagte aktiviteter}} * 100\%$$

Rotårsaksanalyse

Rotårsaksanalyse har som hensikt å finne rotårsaker til avvik fra planen (Ballard, 2000). Denne målingen går ut på å finne hvorfor aktiviteter ikke er utført. Rotårsaksanalyse hjelper prosjekteringsledelsen til å se mønstre og sammenhenger på hvorfor det er ufullførte aktiviteter. PPU og rotårsaksanalyse bør brukes til læring og forbedringsarbeid. Målingene bør brukes til å se på hvorfor planen har fungert eller ikke fungert, for å så gjøre tiltak. Prosjekteringsledelsen kan velge å operere med flere kategorier. En aktivitet er vanligvis ikke utført på grunn av: Mangel på underlag, mangel på beslutning, mangel på ressurser, oversett avhengighet i prosjekteringsarbeidet, endring/tilleggsarbeid, feil/omarbeid, feil vurdert omfang og sykdom.

Task Anticipated, TA [%]

«TA measures the percentage of anticipated activities on the look-ahead plan a couple of weeks before execution» (Hamzeh & Aridi, 2013). Hensikten med TA er å tvinge aktørene til å tenke fremover og planlegge sitt eget arbeid, synliggjøre avhengigheter og behov, og øke planpålitelighet (Belsvik, 2019). TA beregnes etter denne formelen:

$$TA = \frac{\text{Planlagte oppgaver for neste uke på forrige ukes uts utkikksplan}}{\text{Total antall oppgaver for neste uke}} * 100\%$$

Task Made Ready, TMR [%]

«TMR measures the performance of lookahead planning in identifying and eliminating constraints to make activities ready for implementation» (Hamzeh & Aridi, 2013). TMR gir andelen av de planlagte oppgavene som er klare for neste uke, slik at de kan gjennomføres i tide. Hensikten med TMR er å bidra til bedre fremoverplanlegging og økt planpålitelighet (Belsvik, 2019). TMR beregnes etter følgende formel:

$$TMR = \frac{\text{Klargjorte oppgaver for neste uke}}{\text{Totalt antall oppgaver for neste uke}} * 100\%$$

Responstregnet [timer]

Responstid (eng: response latency) er tiden som går fra et spørsmål eller et behov for mer informasjon er kommunisert til det besvares (Kunz & Fischer, 2012). Responstid kan for eksempel være tiden det tar fra en person oppretter en sak til vedkommende får svar.

Beslutningstregnet [timer]

Beslutningstregnet (eng: decision latency) defineres som tiden mellom når informasjon er tilgjengelig for å ta en beslutning og tidspunktet beslutningen blir kunngjort (Kunz & Fischer, 2012). Dette er foreslått for å synliggjøre utfordringen med å få beslutningstakere til å ta beslutninger til riktig tid, dette gjelder for alle aktører.

Møteevaluering og møtedeltakelse

Møteevaluering og møtedeltakelse handler om å evaluere møtenes kvalitet og måle oppmøte i prosjekteringsmøtene. Møtenes kvalitet evalueres ved hjelp av enkle spørreskjema og plus-delta-analyser. Målingene går ut på å måle hva som tilfører møtene verdi, og hva som kunne ha tilført mer verdi til (Østby-Deglum et al., 2013). Møteevalueringen avdekker hvor godt forberedt møtedeltakere er og om målsetningene for møtet er oppnådd, men også hvor bra møteagendaen er utarbeidet. På denne måten vil det være mulig å forbedre møtene kontinuerlig. Måling av møtekvalitet og forbedringspunkter sikrer høy ytelse. Det er avdekket tett sammenheng mellom godt planlagt møteagenda og en høyere PPU-verdi for de planlagte oppgaver i ICE-møter (Knotten & Svalestuen, 2014).

Mengden endringer/omarbeid i løpet av prosjekteringsfasen [# eller timer]

Mengden endringer/omarbeid (eng: amount of rework) tar for seg antall endringer per fag og eventuelt antall timer per hvert fag bruker på å prosjektere på nytt som følge av en loop, eller i løpet av hele prosjekteringsfasen (Belsvik, 2019). Dette gjelder antall timer med omarbeid i BIM-modellen også.

Request for Information, RFI [#]

RFI er på norsk oversatt til forespørsel om informasjon. Dermed er RFI-er på grunn av prosjekteringskonflikter en måling av antall forespørsler som prosjektets ledelse mottar fra produksjonen som følge av konflikter eller endringer i prosjekteringen (Belsvik, 2019).

4 Resultater

I dette kapitlet blir resultater som er innhentet gjennom intervjuer og dokumentanalyse presentert. For å gi et godt bilde av HENT sitt konsept for gjennomføring av byggeprosjekter og hva som regnes som vanlig praksis i bedriften, er sentrale prinsipper fra veilederen «Trimmet gjennomføring» presentert. Data som er hentet fra veilederen vil bli referert i teksten. Til slutt presenteres målinger som er anbefalt av VDC-sertifiseringsprogrammet.

4.1 Generelt om HENT AS

HENT AS er en prosjektutvikler og entreprenør som gjennomfører sine prosjekter etter modellen «Trimmet gjennomføring», som er deres tilpasning til de kjente Lean-prinsippene. HENT startet implementering av Lean tidlig, og Trimmet gjennomføring har vært under kontinuerlig forbedring siden det ble tatt i bruk i 2009. Siste versjon av veilederen til Trimmet gjennomføring ble utgitt i februar 2020, og det beskriver hvordan HENT AS skal praktisere Lean gjennom hele byggeprosessen – fra salg til teknisk ferdigstilling.

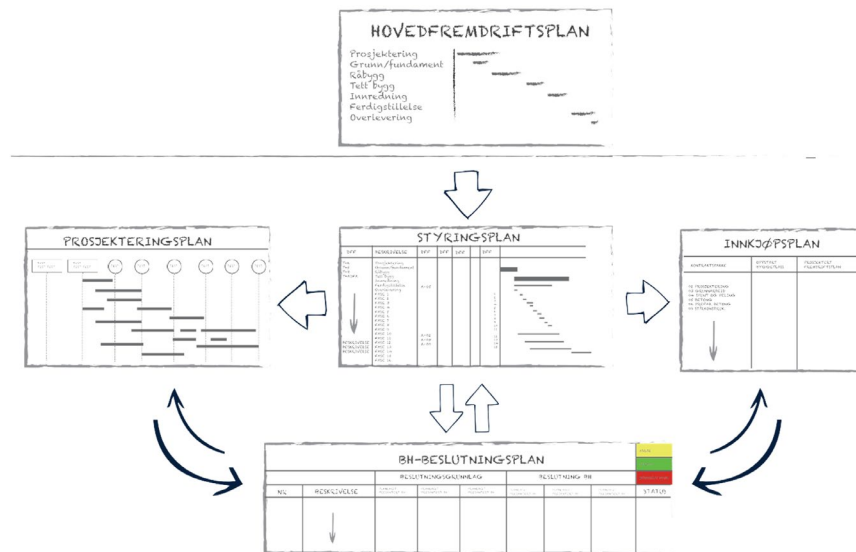
Ved å følge veilederen skal HENT AS oppnå bedre flyt i prosjektene sine, hvor målet er å skape en flytorientert virksomhet i alle prosesser og prosjekter (HENT AS, 2020). For HENT vil god flyt innebære stabil gjennomføring av prosjekter. For å oppnå bedre flyt legger veilederen vekt på at det skal være minst mulig variasjon mellom de ulike prosjektene. Motivasjonen for å oppnå bedre flyt er å kunne senke sikkerhetsmarginene på prosjektene, levere gode produkter, få større inntjening og kunne senke prisene overfor kundene. Ved å følge prinsippene i veilederen vil virksomheten oppnå bedre planlagte og gjennomførte prosesser, og færre avvik i prosjektene.

I 2017 ble VDC introdusert i HENT og noen av hovedelementene ble tatt i bruk samme år. HENT valgte å fokusere på noen VDC-elementer og tilpasse de til egen prosjektgjennomføringsmodell, enn å implementere hele rammeverket på en gang. Bakgrunnen for implementeringen av VDC var ønsket om å forbedre og effektivisere planleggings- og prosjekteringsprosessene. Dette henger med HENTs strategi for å øke konkurransekraften sin og å bli en foretrukket partner for både kunder og leverandører. Resultatene viser at alle VDC-elementer og hovedverktøy er i mer eller mindre grad implementert og tatt i bruk i dag. Hvilke elementer som brukes i et prosjekt er avhengig av type prosjekt, entrepriseform og byggherre.

4.2 Prosjekteringsprosessen i HENT AS

Et vellykket prosjekt er avhengig av god prosjektering (HENT AS, 2020). Prosjektering i HENT planlegges slik at riktig arbeidsunderlag leveres i tilstrekkelig tid i forkant av oppstart av arbeidene på byggeplass. Dette kalles for Trimmet prosjektering, og hensikten med denne måten å jobbe på er å oppnå bedre flyt i byggingen. I Trimmet prosjektering planlegges prosjekteringsfremdriften ut fra en prosjektsstyringsplan. Styringsplanen viser milepæler i prosjektet, og deler prosjektet i faser og videre i geografiske kontrollområder. Styringsplanen utarbeides med utgangspunkt i hovedfremdriftsplanen som er laget i samarbeid med byggherre ved kontraktinngåelse. Varighet for de overordnede aktivitetene og viktige milepæler synliggjøres i hovedfremdriftsplanen. Planhierarkiet for et prosjekt er vist i Figur 18. Kontrollområdene, også kalt soner, er delt i hensiktsmessige geografiske inndelinger i mindre bygg. Ved større bygg er sonene på cirka 1000-

2000 m². Soneinndelingen skal korrespondere med rekkefølgen på hvordan man ønsker å bygge bygget på.



Figur 18: Planhierarkiet i HENT AS sine byggeprosjekter (HENT AS, 2020)

Ved Trimmet prosjektering skal avhengigheter, beslutninger og arbeidstegninger være ferdigstilt 6 uker for oppstart i kontrollområdet/fasen for alle aktiviteter i kontrollområdet/fasen, selv om enkelte aktiviteter har senere oppstart. Dette er en stor kontrast til tradisjonell prosjektering hvor avhengigheter, beslutninger og arbeidstegninger er ferdigstilt suksessivt før oppstart av hver aktivitet/fag i kontrollområdet/fasen. Trimmet prosjektering krever en annen prosjekteringstakt enn tradisjonelle prosjekter (HENT AS, 2020):

- Arbeidstegninger ferdigstilles tidligere
- Avhengigheter avklares tidligere
- Byggherrebeslutninger tas tidligere
- Leverandørinvolvering skjer tidligere

Summen av dette vil bidra til at prosjekteringstiden reduseres. Disse forholdene innebærer dog at det må legges til rette for Trimmet prosjektering helt fra starten av et prosjekt.

4.2.1 Prosjekteringsplanlegging

Intervjuene viser at prosess- og produksjonsledelse (PPM) sammen med samprosjektering (ICE), er de to elementene i VDC som HENT har lyktes mest med. Involverende planlegging er noe som HENT har vektlagt siden 2017. I alle HENT sine prosjekter benyttes LPS og bakoverplanlegging som metode for prosjekteringsplanlegging.

«Oppstartsamling prosjektering» er et oppstartsmøte som gjennomføres over en til to dager avhengig av prosjektets størrelse (HENT AS, 2020). Møtet initieres og ledes av prosjekteringsleder i HENT. Prosjektleder, kalkulasjon- og innkjøpsansvarlig, ITB-ansvarlig, alle rådgivere, relevante underentreprenører og byggherre skal være til stedet under dette møtet. Formålet med dette møtet er å presentere bakgrunn og forutsetninger for prosjektet, og å utvikle en felles plattform

for løsningsforslag. Prosjektet, prosjektets KS- og HMS-rutiner, Trimmet gjennomføring, møteplan og verktøy presenteres i første del av møtet. Andre del av møte består av workshop for involverende planlegging av leveranser for de første fasene.

Oppstart prosjektering og andre prosjekteringsmøter blir avholdt på brakkeriggen eller på innleide lokaler, i såkalte Big Room. Informantene mener at prosessen med etablering av prosjekteringsplan blir enklere og mer oversiktlig i Big Room. Prosjekteringsplanen og behovsmatrisen henger på veggene, slik som illustrert i Figur 19. Dessuten vises agenda samt modeller og tegninger på skjermer for å involvere og effektivisere møtedeltakere. Det at alt av informasjon ligger tilgjengelig i rommet, gjør at samtalene og samarbeidet blir enklere.



Figur 19: Det visuelle rommet – Big Room (HENT AS, 2020)

Involverende planlegging er en viktig suksessfaktor som trekkes frem under intervjuene. Alle informantene mener at de som skal utføre prosjekteringen må være involvert i å legge opp prosjekteringsprosessen. Det handler om at de prosjekterende får større eierskap til prosjektet og prosjekteringsplanen, i tillegg til at deres behov blir tatt hensyn til og leveransene i prosjekteringen blir godt koordinert.

Gode planer er avgjørende for å få en god prosjektgjennomføring. Dette er fordi planene kommuniserer hva som skal leveres, når det skal leveres, hvem som skal levere det og hvordan det skal utføres. Planen er et styringsverktøy som hjelper med å holde oversikt over fremdrift, kostnader og kvalitet. Ifølge informantene bør en prosjekteringsplan ha en klar og tydelig struktur med tydelige leveranser. Ved involverende planlegging planlegger de prosjekterende aksjoner og leveranser ved å jobbe seg bakover fra gitte milepæler.

I forkant av prosjektdagen, forklart i kapittel 4.2.2, kartlegger de prosjekterende sine leveranser og behov for underlag. Prosjekteringsgruppa visualiserer i fellesskap leveransene som skal prosjekteres på en tavle med en tidslinje. Tidligere har denne tavlen vært en fysisk tavle, mens det i dag er en digital tavle på samarbeidsverktøyet Miro. Hvordan covid-19-restriksjoner har påvirket bruken av digitale verktøy er forklart nærmere i kapittel 4.2.4. Figur 20 visualiserer LPS-tavlen og lappeteknikk.

invitasjon til de relevante aktørene. Sentrale rådgivere blir alltid innkalt, mens andre rådgivere eller leverandører blir innkalt etter behov.

Prosjektdagen gjennomføres ved at det er korte møter med alle prosjekteringsdeltakere i starten av dagen. Møtene har både faste agendapunkter og særmøtepunkter. De faste agendapunktene er: Gjennomgang av dagens møteplan, sjekke status på aksjoner og avstemming av prosjekteringsplan, gjennomgang av behovsmatrise og administrativ informasjonsdeling om offentlig saksbehandling, HMS, KS og FDV.

Ved oppstart av møtedagen skal prosjekteringsdeltakere reise seg og henge opp lapper på behovsmatrisen, der de uttrykker hva slags behov de har for å komme seg videre med egne arbeider eller avklaringer som gruppen må ta. Hvis behovet kan diskuteres og avklares på møtet, føres beslutningen i en beslutningslogg. Dersom det ikke er mulig, vil et nytt møte med relevante fagdisipliner holdes. På møtedagen må alle prosjekteringsdeltakere være forberedt på å svare på spørsmål om lapper som tilhører deres ansvarsområde. På denne måten kan prosjekteringsgruppen, i motsetning til tradisjonell prosjektering, enkelt avklare status på ulike aksjoner og leveranser i plenum. Informantene forklarer at det er enklere å ta ukentlige avstemninger av fremdriftsplanen enn før LPS ble implementert. Dette er positivt med tanke på å måle fremdrift i forhold til ukeplanen som var satt. Når planen avstemmes, så er man interessert i å finne rotårsaker til hvorfor en aksjon eventuelt ikke er utført.

Videre settes det av tid til å gjennomføre parallelle arbeidsmøter i løpet av dagen, samt særmøter ved behov. Noen møter er med hele prosjekteringsgruppen, mens andre er mellom noen få aktører og fagdisipliner. Dette henger tett sammen med Lean-filosofiens prinsipp om å redusere sløsing av ressurser og minimere ikke-verdiskapende aktivitet. ICE som møteform blir benyttet for å sørge for effektivitet i prosjekteringsmøtene og for å skape involvering. Når prosjekteringsleder ikke kan delta på et møte, vil noen av de andre aktørene på det aktuelle møtet være ansvarlige for å lede prosessen og logge det som blir besluttet. I tillegg til å tvinge frem kommunikasjon, vil dette hjelpe ulike aktører å se tverrfaglige problemstillinger og trene dem i å ta beslutninger sammen. Dagen avsluttes alltid med en status fra arbeidsmøtene og evaluering av hvordan dagen har vært. Prosjekteringsleder leder særmøter, statusrapporteringen, den administrative delen og evalueringen av dagen.

Det er enighet om at det er mange fordeler med samprosjektering. ICE-møter bidrar til at alle har tilgang på nødvendig underlag fra andre aktører. Den generelle oppfatningen blant informantene er at rådgiverne er flinke til å forberede seg når de får beskjed om det. Samprosjektering legger til rette for at rådgivere kan nå enklere snakke sammen og løse oppgaver seg mellom. Intervjuene viser at ICE-møter brukes som en arena der de prosjekterende kan diskutere og komme til enighet om større avgjørelser. Beregninger foregår for det meste i særmøter eller alene, og implementering av løsninger gjøres ofte som arbeidsoppgave eller forberedelse til neste møte. Dersom det er ønskelig, er det rom for å jobbe i små grupper for å prosjektere løsninger diskutert i ICE-møter over til modell.

HENT har utviklet egen møtestruktur kalt «møterekka 10-8-7-6-3-1». Møterekka skal sikre at komplett og feilfritt arbeidsunderlag for en fase skal leveres til de utførende senest seks uker før fysisk oppstart av arbeider på byggeplass (HENT AS, 2020). Gjennom en rekke med standard møter i prosjektet skal arbeidsunderlaget og andre leveranser fra prosjekteringsprosessen være verifisert i henhold til byggeplassens behov, slik at de involverte aktørene på byggeplassen skal være forberedt til å bygge underlaget. Møterekka 10, 8, 7 og 6 er tett knyttet til prosjekteringsprosessen, og forløper seg på følgende måte (HENT AS, 2020):

- Ti uker før fysisk oppstart på byggeplass skal prosjekteringsleder, prosjektleder, ITB-ansvarlig og K-leder gjennomføre byggbarhetskontroll av tenkte løsninger, slik at man unngår at ferdig prosjektert underlag ikke samsvarer med det HENT har lagt til grunn. Dette kalles for milepælskontrollen. Milepælskontrollen startes allerede en til tre uker inn den aktuelle fasen og avsluttes ti uker før oppstart på byggeplass. Forventet resultat fra kontrollen er at produksjonsunderlaget er avsjekket med hensyn på byggbarhet og kontraktskrav for å eliminere antall feil før tverrfaglig kontroll.
- Åtte uker før fysisk oppstart på byggeplass skal prosjekteringsleder og BIM-koordinator sikre at 3D-modell er klar for tverrfaglig kontroll. Forventet resultat fra kontrollen er at alle fagmodeller er lastet opp, alle prosjekterende har rapportert klart til tverrfaglig kontroll i fasen/kontrollområdet, og den sammenstilte 3D-modellen er klargjort og fri for kollisjoner.
- Syv uker før fysisk oppstart på byggeplass skal prosjekteringsleder, BIM-koordinator og alle prosjekterende som skal levere produksjonsunderlag for en fase, sikre at arbeidsunderlaget for byggingen er tverrfaglig kontrollert. Alle arbeidstegninger skal kunne genereres ut av modell. Dessuten skal det være grunnlag for gjennomgang med utførende, og grunnlag for å kunne få etablert tilstrekkelig og feilfritt arbeidsunderlag senest til møtet som er tre uker før oppstart bygging.
- Seks uker før fysisk oppstart på byggeplass skal sentrale ressurser fra HENT (som anleggsleder, prosjekteringsleder og K-leder), de prosjekterende og bas/formann for de viktigste fagområder møtes. Formålet med møtet vil være å skape forståelse og respekt for prosjekterte løsninger. Ved å vektlegge åpenhet og å skape dialog mellom de prosjekterende og utførende, kan man øke bevissthet rundt kritiske områder i prosjektet og til en viss grad forebygge feil på byggeplassen.

4.2.3 BIM

Prosjektene i HENT skal ha en utstrakt bruk av BIM og digital samhandling (HENT AS, 2020). BIM er først og fremst et verktøy for visualisering av det som skal bygges, og brukes for koordinering mellom de prosjekterende. BIM brukes som et virkemiddel for å forbedre kommunikasjonen innad i prosjekteringsgruppen, og ikke minst kommunikasjonen med de utførende. Bruk av BIM og digital samhandling gir effektiv informasjonsflyt og transparens i beslutningsprosesser. Aktiv bruk av BIM skaper grunnlag for måling, større engasjement og gir en bedre helhetsforståelse gjennom visualisering (HENT AS, 2020).

Informantene påpeker at BIM ble brukt lenge før VDC-metodikken ble implementert. De store rådgiverne som ARK, RIB, RIE og RIV har mye erfaring med prosjektering i 3D-modeller. Over tiden har BIM blitt en mer naturlig del av prosjekteringsprosessen. Alle informantene sier at det nå ikke finnes et eneste ICE-møte uten at BIM-modellen tas opp. Som regel tas BIM-modellen opp på en stor skjerm slik at alle prosjekterende kan se modellen under møtene. Arbeidsmøter eller særmøter som gjennomføres med modell gjør det lettere for hvert enkelt fag å komme med innspill og se avhengigheter. Prosjekteringsgruppen tar riktige beslutninger raskere gjennom en tydelig involvering.

Tidlig i prosjekteringsprosessen pleier prosjektene å ha et eget «oppstartsmøte BIM», hvor man går gjennom forventningsavklaring for hva man skal modellere i de ulike fasene. Informantene opplyser at det er visse føringer som ligger til grunn i detaljprosjekteringen, enten fra HENT eller byggherre, og disse skal presenteres under oppstartsmøtet. HENT setter krav til oppsett og hvilket BIM-nivå prosjektet skal ligge på, da alt som skjer i BIM er grunnlaget for arbeidstegninger. Alle leveransene skal være i henhold til krav og føringer i prosjektet. Hensikten med dette er at BIM-modellen skal være så omfattende og detaljert at den kan bygges etter.

Som regel vil de prosjekterende laste opp sine arbeider og modell-filer i et prosjekthotell hver uke. Hva man bruker som prosjekthotell eller digital plattform vil være avhengig av prosjektet og krav som settes av byggherre. En plattform for modell vil som minimum være Solibri eller Dalux. Det er det stort sett i alle prosjekter. Alle de ulike modellene sammenstilles av BIM-koordinator og blir tilgjengeliggjort for alle aktører i prosjektet. Den sammenstilte modellen oppdateres ukentlig, og benyttes blant annet for visualisering av modellen og som et arbeidsverktøy i ICE-møtene.

I noen av de større prosjektene som HENT prosjekterer er det satt krav til modell modenhets indeks (MMI) i arbeidet med BIM-modellen. Det er gjerne statlige byggherrer som setter disse kravene. Alle leveranser skal føres med modenhetsindeks på lappene som henges på prosjekteringsplanen. I tillegg skal modenhetsindeksen legges inn i objektene på modellen. MMI åpner opp for målinger av hvor i prosessen prosjektet er. Geografiske kontrollområder i prosjektet og MMI vil naturligvis synliggjøre hvilken modenhet og hvilke leveranser man har i BIM-modellen. På denne måten vil det være enkelt å se status på de ulike sonene, og avgjøre hvilke soner som er klare for bygging.

Både BIM-koordinatorer og prosjekteringsledere som ble intervjuet, mener at MMI bør innføres i alle prosjekter som en metodikk for kommunikasjon. I dag er det et stort språk i prosjektene, fordi prosjekteringsdeltakere ikke deler felles terminologi og forståelse for hva de ulike statuskodene betyr. Informantene uttrykker misnøye med at definisjonen og forståelsen av MMI ikke er tydelig nok. Da det kun finnes en veileder, og ikke en standard, er det fritt å tolke og definere de ulike statuskodene selv. Ved å sikre en felles terminologi på tvers av fagdisiplinene i prosjekteringsgruppen, kan man sikre god kommunikasjon innad i gruppen, få bedre oversikt over gjennomført arbeid og enkelt måle fremdrift. Informantene er enig i at MMI vil gi enorm gevinst. Samhandlingen i BIM og ICE-møter vil bli enklere når alle i bransjen har lært og tatt i bruk de standardiserte benevningene.

Flere informanter understreker at tegningsunderlagets modenhet har alltid vært spesifisert på en tegning, for eksempel statuskode «skisse» og «arbeidstegning». Flere av informantene mener at man må tenke på MMI som å flytte informasjonen fra de tradisjonelle tegningsunderlag over til modell. Dersom leveransene i prosjektet er kun i modell, må man også få med all informasjonen som vanligvis er i et tradisjonelt tegningsunderlag. Informasjonen skal komme fra modellen, og skal ikke legges til modellen etterpå. Siden 2015 har HENT hatt et system som fanger opp MMI 300, 350 og 400. HENT må finne ut hva de andre modenhetsgradene gitt i veilederen betyr for dem og deres prosjekter.

4.2.4 Digitale verktøy

En viktig del av Lean-implementeringen i HENT er prosjektstyringsverktøyet HENT Core, som er utviklet av et internt utviklingsteam i HENT de siste åtte årene. HENT har vært tidlig ute med å tenke helhetlig digitalisering, og har gjennom mange år investert tid og ressurser for å få til HENT Core. HENT tok valget om å utvikle dette systemet, for å kunne lage tilpasset programvare til egne prosesser, i stedet for å tilpasse egne prosesser til allerede eksisterende programvarer i bransjen. HENT Core er et digitalt styringsverktøy for å gjennomføre Trimmet gjennomføring. HENT Core brukes til prosjektstyring i alle prosjekter, blant annet til:

- Behandling av aksjoner og leveranser
- Behandling av møtesaker
- Avvikshåndtering
- Fremdriftsoppfølging
- Bestilling, levering og montering på byggeplass

HENT Core har diverse moduler som er gunstig å benytte i prosjekteringsprosessen, og som støtter godt om arbeidsmetodikken: Saksmodul, leveranser og aksjoner (prosjekteringsplan på operativt nivå) og til slutt systemoversikten (HENT AS, 2020). I HENT Core er det mulig å gjennomføre måling på aksjoner tilknyttet leveranser for å følge opp fremdrift i prosjekteringen. Dataene som blir registrert kan visualiseres ved hjelp av grafer, tabeller og ulike diagram. Informantene mener det er lurt å ha informasjon tilgjengelig i en database der man har mulighet til å gjennomføre målinger for å se trender.

Informantene forteller at chatt-funksjonen i HENT Core, har ført til god kommunikasjonsflyt innad i prosjektene ved at samtale blir lagret. Dette har ført til at det sendes færre mailer mellom de ulike aktørene i et prosjekt, noe som resulterer i at kommunikasjonen blir enklere, mer direkte og mer sporbar. Målet er å utvikle HENT Core slik at samtale og spørsmål kan knyttes direkte til et område i en BIM-modell. Videre mener informantene at HENT Core har et stort utviklingspotensial.

Som en standardverktøy skal HENT Core brukes med mindre byggherre har bestemt noe annet. Under intervjuene ble følgende programvarer for prosjektplanlegging og -styring nevnt da de brukes ofte: Microsoft Project, Microsoft Excel, Safran, Dalux, PIMS og Task Controll. Alle prosjekter har også et prosjekthotell hvor all viktig informasjon, for eksempel møtereferater og arbeidstegninger, ligger tilgjengelig for relevante aktører. Foreløpig er ikke alle aktører i bransjen digitale, og derfor er man nødt til å fortsatt ha PDF-filer tilgjengelig i prosjekthotellet.

Under covid-19-pandemien måtte HENT legge om fra fysiske ICE-møter til digitale møter på Microsoft Teams. Teams er en samlet kommunikasjons- og samarbeidsplattform som kan brukes til å holde møter digitalt. På grunn av covid-19-restriksjoner måtte også den fysiske LPS-tavlen flyttes over til digitale plattformer som for eksempel Microsoft Excel og det digitale samarbeidsverktøyet Miro. Miro er en digital tavle som brukes til idemyldring og workshop, altså som et verktøy til involverendeplanlegging i møter. Flere informanter påpeker at Excel er fortsatt ett av de mest brukte verktøyene i byggebransjen. Informantene uttrykker at Miro og Excel brukes mest for å visualisere og formidle hvordan prosjektet ligger an. Mentimeter er et annet verktøy som brukes for å lage interaktive presentasjoner og møter. Dette verktøyet blir ofte brukt i sammenheng med møteevaluering. Resultatene fra møteevalueringen blir ofte lagret i et Excel-dokument for å holde oversikt over målingene.

4.3 utfordringer i prosjekteringsprosessen

Følgende delkapittel tar for seg generelle utfordringer i prosjekteringsprosessen og deretter utfordringer knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen.

4.3.1 Generelle utfordringer i prosjekteringsprosessen

Byggebransjen har i flere fått kritikk for fallende produktivitet. Dette skyldes blant annet ineffektiv prosjektering. Det er en del utfordringer i prosjekteringsprosessen som går igjen fra prosjekt til prosjekt. Basert på intervjuer og dokumentanalyse er følgende åtte utfordringer identifisert.

1. Tidspress og forsinkede prosjekteringsleveranser som forsinker produksjonen

En generell oppfatning er at tidspress er en stor utfordring i prosjekteringsfasen. Informantene påpeker at tidsperioden mellom prosjektering og produksjon er ofte veldig kort. Byggherren vil som ofte ha bygget ferdigstilt raskest mulig, og er ivrig på å starte opp produksjonsfasen på et

tidlig tidspunkt. Informantene forteller at involverende planlegging kan dermed bli nedprioritert, fordi byggherren ønsker å minske prosjektiden.

Informantene forklarer at en konsekvens av stort tidspress under prosjektering er at prosjekteringsgruppen ikke rekker å ferdigstille tegningsunderlaget innen oppstart av produksjonsfasen. Tidspresset fører til at prosjekteringsgruppen må levere tegninger for de områdene der det «brenner» mest, i stedet for å prosjektere ferdig på et område av gangen. Videre utdyper informantene at en slik måte å arbeide på fører til at det oppstår mye «brannslukking», og det medfører ofte ekstra arbeid i form av oppfølging. Dette er svært uheldig da det ofte går utover fremdriftsstyring, HMS og kvalitetssikring av tegningsunderlaget. For en god prosess med en overordnet planleveranse, mer ryddig og effektiv fremdrift har HENT prøvd å ta tak i denne utfordringen gjennom møterekka forklart i kapittel 4.2.2.

2. Manglende forståelse for prosjektet

En annen konsekvens av tidspresset er at det brukes for lite tid i oppstartsfasen av et prosjekt. Informantene mener at oppstartsamling med prosjektteamet, også kalt kick-off, spiller en viktig rolle da det er her ulike aktører blir kjent og kan diskutere utfordringer de står overfor i prosjektet. De 10-20 personene i en prosjekteringsgruppe kommer ofte fra ulike bedrifter, har ulike personligheter, kultur og bakgrunn. De fleste har mest sannsynlig aldri jobbet sammen som et team. Informantene understreker at man må erkjenne at det tar tid å bygge en felles plattform og språk innad i teamet.

Informantene mener at prosjekteringsledelsen må legge til rette for en god teametablering og starte med teambuilding helt fra begynnelsen av prosjektet. Prosjekteringsteamet må avklare spilleregler, etablere felles forståelse for arbeidsmetoder og målsettinger i oppstartsfasen av prosjekteringsfasen. Kick-off blir sett på som nødvendig for at prosjekteringsteamet skal få eierskap til arbeidsmetodikkene og verktøyene som skal brukes i prosjektet. Prosjekteringsledelsen bør i tydeligere grad kommunisere målene som settes for prosjektet og sikre at alle aktører har fått god opplæring i arbeidsmetodikken.

3. Utarbeidelse av en god prosjekteringsplan

Det er utfordrende å lage en god plan med riktige frister, da man ikke alltid vet hvor lang tid det tar å avklare eller utføre aktiviteter. Ofte oppstår det nye problemer eller detaljer som man ikke hadde sett for seg tidlig i prosessen. Informantene påstår at denne utfordringen ikke kan løses direkte ved målinger, men gjennom bedre styringsverktøy, opplæring og erfaring. En av informantene understreker at mennesker er en av de største risikofaktorene i prosjekteringen og at mennesker skaper en stor form for variabilitet, hvor variabilitet er avvik i tid, størrelse og omfang. Informanten legger til at ved å involvere og informere aktører kan man luke bort mye av variabiliteten.

Flere av informantene innrømmer at god involverende planlegging er viktig, men krevende. De hevder at det å skape engasjement for bakoverplanlegging er en barriere som må overvinnes i starten av prosjekteringsfasen. Informantene utdyper at bakoverplanlegging setter høye krav til både de prosjekterende og de utførende. Alle aktører må være med på å lage planen og forså hvorfor man prosjekterer i en bestemt rekkefølge. Informantene er opptatt at de utførende skal kunne være med og påvirke det arbeidsunderlaget de skal få utlevert. Det er svært viktig at de utførende har tegningsunderlag som de forstår og kan bygge etter.

4. Begrenset forståelse og respekt for andre aktørers behov og avhengigheter

Ifølge informantene er det utfordrende å få alle aktører til å forstå fremdrift og hva motpart er avhengig av. Det er mange avhengigheter mellom aktørene og mange beslutninger skal tas på tvers av hverandre. Informantene argumenterer for at prosjektet og prosjekteringsplanen må forstås på flere nivåer, og ulike aktører må forstå viktigheten av å jobbe sammen. Både de prosjekterende og de utførende, må være omforent om planen som legges ned. Gode planer forutsetter at aktørene har kontroll på mange prosesser, og at alle er klare på avhengighetene. Avhengighetene mellom fagdisiplinene kommer ofte underveis i prosjekteringen når problemområder begynner å dukke opp. En av informantene sa følgende om denne utfordringen: «Hadde man på forhånd visst alle avhengighetene i et prosjekt, og alle beslutningene som skal tas, kunne man kanskje ha laget en så detaljert plan at det ikke ville kommet noen overraskelser underveis i prosjektet».

Informantene påstår at mange aktører har vanskeligheter med å bryte ned arbeidet som skal gjøres i tilstrekkelig grad, og skrive dem opp som aksjoner på LPS-tavlen. For mange er det vanskelig å formulere presise leveranser, identifisere hva de trenger at andre leverer og hvilke spørsmål de har til andre. Mange aktører er altså ikke flinke til å bestille leveranser som de er avhengig av å få levert fra andre fagdisipliner. For mange er det også vanskelig å se konsekvenser langt nok fram i prosjektet. Informantene forklarer videre at noen aktører vil noen ganger bevisst velge å ikke sette opp en aktivitet på LPS-tavlen. Dette kan skyldes at aktiviteten omfatter en iterasjonsprosess, noe som innebærer at aktiviteten er uklar og krever mye kommunikasjon og diskusjon mellom aktørene.

En annen typisk utfordring i prosjekteringsfasen er «looper» i prosjekteringen med unødvendig omarbeid. Det blir ofte looper på grunn av mangel på eller endringer i beslutninger. Det er viktig at prosjekteringsgruppen er samkjørt og koordinert i fremdriftsplanen, slik at alle har det underlaget de trenger for å gjøre sin oppgave. Ifølge Lean-prinsippene er looper per definisjon sløsing, altså bortkastede ressurser. Informantene mener at looper oppstår fordi man har brukt tid på å prosjektere uten at de rette forutsetningene for å prosjektere er på plass. Informantene understreker at det ofte blir omarbeid, fordi noen aktører kun tenker ut fra eget fag og er opptatt av å levere eget arbeid, uten å tenke på hvilke avhengigheter som de ulike fagdisiplinene har til hverandre. En av informantene fastslår at det er like dumt å bli for tidlig ferdig med en oppgave som det er å bli ferdig for sent. Fordi begge tilfellene oppnår opp for looper og omarbeid.

5. Dårlig kommunikasjon

Til tross for store forbedringer på grunn av ICE-møtemetodikk, visualisering gjennom BIM og LPS er ineffektiv kommunikasjon fortsatt et problem. Det er mange grunner til at kommunikasjon og dialog mellom aktører er utfordrende: Manglende felles kultur og språk, forskjellige personlige målsetninger for prosjektet og bruken av ulike digitale arbeidsverktøy. Informantene spesielt vektlegger bruken av ulike digitale verktøy. De mener at prosjektet bør velge færrest mulig kommunikasjonsplattformer og holde seg til det som er bestemt.

Flere informanter påstår også at BIM Collaboration Format (BCF) vil være svært nyttig for å forbedre kommunikasjonen innad prosjekteringsgruppen. BCF gjør det mulig å kommunisere og samhandle direkte i BIM-modellen uten behov for oppdatering av den sammensatte BIM-modellen, som vanligvis skjer 1-2 ganger i uka i større prosjekter (nti.biz, u.å.). BCF er laget for å kunne sende meldinger om konflikter, kollisjoner og andre problemstillinger, knyttet direkte til objekter i den digitale modellen. Via BCF kan man adressere saker på en enkel måte ved å henvende seg til riktig

fagdisiplin. Informantene antar at BCF vil minimere rom for misforståelser og bidra til bedre samspill i prosjekteringsgruppen.

6. Dårlig forberedelse til prosjekteringsmøter

Informantene mener at det er tidkrevende å utarbeide detaljert møteagenda for prosjektdagene. For å lage bra møteagenda er prosjekteringsledere avhengig av at de prosjekterende er flinke til å både forutse og kommunisere sine behov. Videre tror informantene at rådgivere også synes at det er tidkrevende å forberede seg til produktive ICE-møter. Noen ganger kan møtene bli brukt til å diskutere problemer og ikke løse dem.

7. Prioritering av andre prosjekter

Selv om prosjektets suksess bør være alles hovedprioritering, mener informantene at det i praksis ikke alltid være tilfelle. Fra et økonomisk perspektiv vil rådgivere kanskje være mer opptatt av å selge timer enn å fullføre prosjektet på optimal tid i henhold til planene som er satt. Det kan også være at en rådgiver nedprioriterer prosjektet på grunn av andre pågående prosjekter. Derfor kan det å jobbe i takt til tider være utfordrende.

8. Prosjektering med lav bygbarhet eller kvalitet

Informantene mener at det er generelt vanskelig å måle kvalitet av prosjekteringsarbeider, men de har tro på at BIM er godt verktøy og at BIM-modellen bør benyttes til kvalitetssikring av prosjekteringen. Ifølge informantene kan bruk av MMI bidra til å måle kvalitet i prosjekteringsarbeider. Ved å ta bruk MMI kan man gjøre målinger av BIM-modellens modenhet i forhold til planen. Likevel er det utfordringer knyttet til MMI som må overvinnes. MMI har begrenset verdi dersom det ikke brukes av alle prosjekterende. Å planlegge ved bruk av modenhetsnivåer krever dessuten en bred forståelse for prosjekteringsarbeidet og modenhetsaktiviteter mellom de ulike fagdisiplinene, noe som varierer med faser og bygningsdeler. Informantene tror at motstanden noen rådgivere viser til å bruke MMI i prosjektering kan skyldes uklarheter rundt hvordan MMI kan brukes på systemnivå, «teknologiterskelen» og manglende digital kompetanse. Det har resultert i behovet for å oppgi krav om MMI som en ekstra tjeneste i kontraktene.

4.3.2 Utfordringer knyttet til målinger

Det er en rekke utfordringer knyttet til gjennomføringen av målinger i prosjekteringsprosessen. Følgende syv utfordringer er identifisert som hovedutfordringer fra disse intervjuene.

1. Manglende kunnskap og forståelse for VDC-rammeverket

Informantene understreker at VDC er fortsatt ikke tatt i bruk av alle i bransjen og at det er mange som ikke er kjent med arbeidsmetodikken. Ulike aktører er ofte kritiske til målinger, og ikke har forståelse på hva målingene skal brukes til. For kontinuerlig forbedring mener informantene at det er svært viktig å få prosjekteringsgruppen til å forstå hvorfor målinger er viktig. Opplæring og god

innføring i arbeidsmetodikken trekkes frem som et suksesskriterium for god implementering av målinger i prosjekteringsprosessen.

2. Lite fokus på prosess

Samtlige informanter opplyser at de fleste prosjekter måler bare om sluttresultatet av prosjektet er godt nok, og dersom det er det sier man seg fornøyd med prosjektet. Det er fortsatt lite fokus på målinger av prosesser og prestasjon i byggebransjen. Mange av informantene mener at målinger handler om bevisstgjøring om hvordan man selv og prosjekteringsgruppen presterer i forhold til de målene som er satt for prosjektet. Derfor er det ikke nok å måle kun sluttresultatet.

3. Ressurskrevende arbeidsoppgave for prosjekteringsleder

En annen hovedutfordring knyttet til målinger, er at de krever ressurser i form av tid og oppmerksomhet fra prosjekteringsleder. Informantene poengterer at man som prosjekteringsleder eller fasilitator må ha reflektert på hvorfor man ønsker å ta i bruk en måling, og hva den skal tilføre av verdi til prosjekteringsgruppen. Man må være bevisst på hvordan man introduserer en måling, og man må ta seg nok tid til å forklare hva målingen skal være en indikator for. Samtlige informanter mener at man aldri skal introdusere en måling uten fasilitering. Informantene hevder at dersom målingens resultater ikke skal brukes i samtale med prosjekteringsgruppen, er det heller ikke noe grunn for å måle noe. Målingenes resultater skal visualiseres og de skal brukes som utgangspunkt for en samtale med prosjekteringsgruppen.

4. Tidskrevende arbeidsoppgave og mangel på gode verktøy

Under intervjuene nevnes det at målinger er tidkrevende å gjennomføre. Dette henger sammen med at det ikke finnes digitale verktøy som kan automatisere dette arbeidet. Informantene opplever også å få skepsis rettet mot seg, da prosjekteringsdeltakere mener at målinger fører til mer byråkrati og unødvendig tidsbruk. Informantene utdyper at utfordringen med tidsbruk går ut på at data fra disse målingene må faktisk tas opp og brukes i prosjekteringsmøter. Informantene argumenterer derfor med at det er en god investering å bruke 30-60 minutter hver uke eller annenhver uke slik at man har fullstendig kontroll på prosjekteringen og fremdriften. Det er fordi behovet for høy møtedeltakelse og fremdrift gjør at justering av planer er vanskelig og dyrt.

5. Manglende kontinuitet og loggføring med varierende innsats

Informantene opplyser at manglende kontinuitet er en stor utfordring i prosjekteringsprosessen. Under ICE-møtene er prosjekteringsgruppen ofte opptatt av å gå gjennom møteagenda og få jobben gjort, noe som resulterer i mindre tid og fokus på målinger. Siden det å gjennomføre målinger krever ressurser og oppfølging, kan det spesielt i travle perioder bli nedprioritert. Ifølge informantene er det spesielt viktig å gjennomføre målinger når det er mest hektisk i prosjekteringen. Det er fordi prosjekteringsgruppen har det lettere for å gå vekk fra de satte rammene i slike perioder. Prosjekteringsdeltakere kan fort falle tilbake i gamle vaner og praksis. Dessuten er det en utfordring at målingene loggføres med varierende innsats. Det gjør det vanskelig å oppdage åpenbare trender i målingene, og benytte dem for kontinuerlig forbedring av prosjekter. Analyser av større mengde data vil gi bedre og mer interessante resultater.

6. Måling av kvalitet i prosjekteringen

Noen av informantene mener at det er en utfordring å måle kvaliteten på prosjekteringsarbeidet, og at de mangler de rette verktøyene for å måle kvaliteten på prosjekteringsarbeidet. Eksempelvis vil måling av planpålitelighet gjennom PPU si lite om kvaliteten til prosjekteringen. PPU sier ingenting om det som er planlagt er riktig eller godt utført. Det er heller ikke alltid representativt for hvor mye av en oppgave som er blitt gjort, og hvor mye som står igjen. En utfordring med PPU er ifølge informantene det at en aksjon kan fort komme opp mot 80%, mens de siste 20% kan ta lang tid. De siste prosentene kan være den mest ressurskrevende delen av aksjonen. Det samme gjelder å måle antall lukkede aksjoner eller kommentarer på BCF-verktøy. Den type målinger kan føre til at rådgivere legger vekt på å løse de enklere problemene med lav prioritert, fremfor de viktige med høyere vanskelighetsgrad. Det er viktig å passe på at målinger ikke får en motsatt effekt.

7. Endringsmotstand

De fleste av informantene har opplevd at enkelte aktører oppfatter målinger som en kritikk av dem selv. Dessverre kan noen oppleve målinger som en form for overvåkning og kontrollering. Informantenes erfaringer viser at det er lurt å ufarliggjøre målinger, ved å forsikre prosjekteringsgruppen om at hensikten med målinger ikke er å finne syndebukker. Tvert imot handler det om å hjelpe hverandre for at prosjektet skal lykkes. Man bør man tegne et bilde av at målinger vil bidra til at prosjekteringsprosessen kommer til å oppleves bedre av alle involverte. Informantene påstår at implementeringen av VDC og målinger vil bli enda enklere, når HENT kan vise til tidligere prosjekter hvor målinger har hatt en positiv effekt for prosjektgjennomføringen.

8. Å finne riktige måleindikatorer

Dessuten hevder informantene at det er en utfordring å finne riktige måleindikatorer for prosjekteringsprosessen. Å finne kontrollerbare faktorer som har en klar årsak-virkningssammenheng på målingene trekkes frem som en utfordring. Flere informanter mener også at prosjekteringslederen må på forhånd ha tenkt hvilke tiltak som skal settes i gang dersom målingen viser en type resultat. Informantene understreker at man må alltid sette seg en ønsket målverdi, og handle ut ifra det dersom målingen ikke gir ønskede resultater. Måleindikatorene må sikre planpålitelighet, kvalitet, tverrfaglighet og involvering av aktører. Det tar tid å måle og det er vanskelig å vite på forhånd om målingene faktisk er gode, eller om de har noen effekt. Informantene sier de ikke ønsker å bruke tid på målinger som de er usikre på effektene av. Det blir dermed problematisk at de ikke vil prøve nye målinger, siden de da ikke får nye erfaringer som overbeviser dem om nytteverdien til målinger.

4.4 Dagens tilnærming til målinger i HENT AS

Målinger i byggebransjen er veldig primitiv, og målinger er det VDC-elementet som folk vet minst om. Intervjuene viser at målinger er det VDC-elementet som HENT har kommet kortest med. HENT har i liten grad benyttet målinger i prosjekteringsfasen i sine prosjekter. Det har vært større fokus på målinger i produksjonsfasen, hvor typiske målinger har vært knyttet til kostnad, fremdrift, HMS, forsinkelser og kostnadsoverskridelser. Hvilke målinger som benyttes i prosjekteringsfasen i de ulike prosjektene er ganske forskjellige. Det handler ofte om personene på prosjektet og hvordan byggherren stiller seg til hele VDC-metodikken.

4.4.1 Hvorfor måle prosjekteringsprosessen?

En god prosjektplan kan spare prosjekteringsgruppen for ekstra arbeid og øker sannsynligheten for et vellykket resultat. En av informantene forklarer at «et prosjekt blir aldri bedre enn det du planlegger». Likevel er prosjektplanen verdiløs dersom den ikke etterleves eller følges opp underveis. Samtlige informanter understreker at prosjektplanlegging er ikke noe man gjør før prosjektet starter – det er et kontinuerlig arbeid. Det er svært sjelden alle prosesser i et prosjekt går nøyaktig slik man hadde sett for seg i starten. Derfor må prosjekteringsplanen justeres og forbedres etter behov. Målinger bidrar til større oppmerksomhet rundt oppfølging av prosjekteringsplanen, noe som igjen øker sannsynligheten for en vellykket prosjektgjennomføring.

Flere informanter trekker frem kontrollen og oversikten man får i prosjektet ved å gjennomføre målinger som en stor fordel. Jo bedre oversikt man har over prosjekteringsprosessen, desto raskere vil man oppdage dersom noe ikke går som planlagt. Informantene mener altså at målinger er med på å sørge for forutsigbarhet i prosjekter. Ved å måle kan man oppdage trender eller problemer raskere, og dermed bestemme hvilke korrigerende tiltak som skal settes i gang. Intensjonen med målinger er å belyse om prosjektet er på riktig vei, og om man har gjort tiltak som viser forbedringer i prosessen.

Informantene har delte meninger om hvordan målinger oppleves av de ulike aktørene. Det er likevel antatt at å benytte målinger i prosjekteringsprosessen vil øke engasjementet og motivasjonen til prosjekteringsdeltakere. Informantenes erfaringer tilsier at målinger bidrar til at prosjekteringsdeltakere får økt motivasjon til å yte bedre, dersom målinger introduseres og implementeres i prosjektet på en god måte. Målinger har stor betydning for prosjekteringsdeltakere i form av bevisstgjøring, da de tidligere ikke har vært bevisst på egen prestasjon og påvirkningsmuligheter på andre prosjekteringsdeltakere.

En annen fordel med målinger er at det gir mulighet til å utelate de elementene som ikke skaper verdi og som stjeler ressurser fra prosjektet. Ved å gjennomføre målinger vil uvanene som de forskjellige individene har, bli luket bort på en effektiv måte. Flere av informantene tror at målinger over tid vil bidra til endringer i måten det jobbes på. Når målingene innenfor de ulike aspektene av prosjekteringsprosessen får gode nok resultater, vil man bytte ut de aspektene som skal måles og på denne måten forbedre flere ulike aspekter av prosjekteringsprosessen. I HENT brukes resultatene fra målinger til kontinuerlig forbedring i prosjektet gjennom PDSA-sirkelen, og erfaringsoverføring til annet prosjekt.

4.4.2 ICE- og PPM-målinger

I HENT utføres det mange målinger i forbindelse med ICE-møtene. Fremdriftsmålinger er de viktigste målingene som gjennomføres i alle prosjekter. Planpålitelighet i form av PPU-målinger for aktiviteter på prosjekteringsplan, prosjekteringsleveranser og planlagte oppgaver i ICE-møtene måles. PPU måles hver uke av prosjekteringslederen, ofte på prosjektdagen eller på fredager. Når planen avstemmes sammen med prosjekteringsgruppen, er man opptatt av å finne rotårsaker til hvorfor noen aksjoner ikke er utført. Vanlige rotårsaker er mangel på bemanning, nedprioritering av oppgaven og at foregående oppgave ikke er utført eller at byggherrebeslutning er ikke tatt. PPU, rotårsaker og oppnådd agendapunkter blir logget. Agendapunkter som ikke er gjennomført blir synliggjort i møtereferatet som sendes ut i etterkant av prosjektdagen.

Informantene mener at ukentlige avstemninger sammen med prosjekteringsgruppen gjør prosessen transparent, og dette bidrar til at alle aktører er oppdatert på hverandre sitt arbeid. Planpålitelighet visualiserer status på prosjektet og er med på å få prosjekteringsgruppen til å forplikte seg i enda større grad til planen. Ifølge noen av informantene vil det å sette ord på

årsaker til at man ikke er på plan og forklare egne behov til gruppen, gjøre det enklere å løse utfordringene som dukker opp.

Møtedeltakelse og møteevalueringer er andre målinger som utføres. Møtedeltakelse er viktig å måle, da det er med på å sikre at alle får riktig informasjon og at alle relevante aktører er med på å ta beslutninger. I HENT er det vanlig at ICE-møter blir evaluert på en anonym måte ved hjelp av et enkelt spørreskjema. Etter endt ICE-møte skal prosjekteringsdeltakere vurdere møtet ved å gi terningkast på ulike aspekter av møtet fra 1 til 6, der 6 er best. Prosjekteringsdeltakere skal i hovedsak svare på følgende spørsmål:

- Hvor godt forberedt var du til møtet?
- Hvor godt forberedt føler du andre var til møtet?
- I hvilken grad opplever du at målsetningene for møtet ble nådd?
- Hva var bra med møtet?
- Hva kan forbedres?

Deretter regnes det ut et gjennomsnitt av rangeringen, og evalueringen oppsummeres i plenum. Mot slutten av møtedagen diskuterer prosjekteringsdeltakere i plenum hva som var positivt med ICE-møtene og hva som kan forbedres. Erfaringene viser at det er nyttig å få refleksjoner rundt hvordan man jobber. Prosjekteringsledere bruker resultatene fra spørreskjemaet til å få med seg trender og tilbakemeldinger på forbedringene som kan løfte kvaliteten på møtene.

Prosjekteringsledere i HENT er svært opptatt av å legge til rette for å oppnå gode resultater. Kontrollerbare faktorer måles kontinuerlig for å sikre at prosjekteringsgruppen har det som trengs for å gjennomføre sine arbeider på best mulig måte. Prosjekteringsledere sikrer at detaljert møteagenda skal sendes til prosjektdeltakere minst fem dager før neste ICE-møte. Prosjekteringsledere skal sørge for at møteagendaen inneholder: Formål med møtet, beslutninger som må tas i løpet av møtet, problemer som bør løses under møtet og nødvendig forberedelse fra prosjektdeltakernes side. Informantene legger til at kvaliteten av ICE-møtet i forhold til agendamålene og forberedelsene, er interessant å se nærmere på. Det er fordi det gir en indikasjon på hvor godt ICE-møtet var planlagt. Dersom prosjekteringsgruppen ikke oppnår agendamålene, er gruppen i verste fall nødt til å avtale et nytt møte. Det er vanligvis ikke ønskelig, da det kan forhindre fremdrift og resultere i økte kostnader.

4.4.3 BIM-målinger

Aktiv bruk av BIM skaper grunnlag for måling, større engasjement og gir en bedre helhetsforståelse gjennom visualisering (HENT AS, 2020). I sammenheng med BIM-modellen gjennomføres det flere produksjonsmålinger. Informantene legger ikke skjul på at det er forskjellige nivåer på hvordan BIM-målinger gjennomføres i ulike prosjekter. Det kan gjennomføres på slutten av et prosjekt kun for å se trenden i prosjektet, eller det kan gjennomføres underveis når resultatene fortsatt kan benyttes til forbedringsarbeid i prosjektet. Som en naturlig del av prosjekteringsoppstart vil BIM-koordinator sjekke at de prosjekterende bruker en felles origo/nullpunkt og koordinatsystem i modellene. Det er viktig for blant annet kollisjonskontroller og alle påfølgende prosesser der det er behov for en sammensatt modell. Informantene mener at det er viktig å sjekke om leveranser har riktig modenhet i forhold til det som er planlagt hver uke. Som et minimum vil det gjennomføres kontroller og målinger ved milepæler.

Informantene mener at kollisjonsmålinger er en standard måling i HENT. Det er mulig å kjøre regelbasert automatisk kollisjonskontroll i Solibri, eller kan jobben også gjøres manuelt. Det kan

være opptil flere hundre kollisjoner i tidligfase av prosjekteringen. BIM-koordinator oppretter saker for avvikene som oppdages under kontrollen. Prosjektene har ofte et sakhåndteringssystem for BIM-saker. Der vil sakene sendes til de fagdisiplinene som BIM-koordinator mener er riktig mottaker. Rådgivere får en frist på å svare om saken er aktuelt eller uaktuelt, viktig eller uviktig. BIM-koordinatorer mener det er arbeidskrevende å rette opp i kollisjonene og å delegere oppgaver til rådgivere som må rette opp i feilen. Noen ganger vil det også oppstå diskusjon om hvem som er faktisk ansvarlig for kollisjonen. Noen ganger kan BIM-sakene løses uten at det går for lang tid, andre ganger kan det hope seg opp ett sett med saker som krever særmøter.

BIM-koordinatorer i HENT er også opptatt av å tilrettelegge for at de prosjekterende kan gjøre en god jobb, da BIM er prosjektenes digitale samhandlingsplattform. Informantene mener at BIM egentlig handler om hvordan informasjon skapes, utveksles, forvaltes og til slutt brukes til å beslutte. Derfor er BIM-koordinatorer opptatt av at rådgivere har all nødvendig informasjon og siste oppdateringer tilgjengelig hele tiden. BIM-koordinatorer passer på kontrollerbare faktorer som hyppighet av kollisjonskontroll og hvor ofte den sammensatte modellen oppdateres, slik at de hele tiden har kontroll på underlag som er under arbeid.

Informantene ble spurt hvilke andre målinger de tror kan være gunstig å gjennomføre i sammenheng med BIM-modellen, og hva de tror målingene kan bidra med. Informantene erkjenner at de ikke har oversikt over alle målinger som man kan gjennomføres. Kort oppsummert svarer de med at det finnes mange målinger som man kan utføre, men er usikker på hvor nyttig alle sammen er. Følgende målinger ble kommentert under intervjuene.

- Antall konflikter i BIM ved hvert modenhetsnivå: Informantene tror at målinger knyttet til modenhetsnivå i BIM-modellen vil gi bedre oversikt over gjennomført arbeid og status på de ulike kontrollområdene. MMI-målinger vil også motivere til og synliggjøre viktigheten av å prosjektere i riktig rekkefølge. Flere av informantene mener også at en felles terminologi på tvers av fagdisiplinene i prosjekteringsgruppen, vil føre til bedre kommunikasjon og samhandling i prosjekteringsgruppen. Likevel er MMI-målinger ikke vanlig praksis i HENT enda.
- Lukke-tiden på opprettede saker og sakenes rotårsaker: Disse målingene vil gjøre prosjekteringsgruppen bevisst på egen prestasjon. Men det er ikke så utberedt eller vanlig å måle disse kontinuerlig i prosjekteringsfasen.
- Mengde omarbeid i prosjektering: Informantene uttrykker at det kan være en fin måling for å visualisere konsekvensene av en prosjekteringsloop. På en annen side mener de at det er diskuterbart hvordan man egentlig skal måle omarbeid i en dynamisk utviklingsprosess som prosjektering. Prosjektering er en dynamisk prosess som vil endre seg etter hvert som prosjektet forløper seg. På grunn av målingens kompleksitet og at det potensielt kan være ressurskrevende, er informantene skeptiske til denne målingen.
- RFI: Informantene mener at det er en god måling som viser hvor bra tegningsunderlaget er. Hvis det er flere henvendelser fra byggeplassen kan det tyde på at tegningsunderlaget er av lav kvalitet og det er behov for forbedringer. Ved å måle på RFI vil de prosjekterende bli mer bevisst på de utførende sine behov og avhengighetene mellom fagdisiplinene.
- Hvor mange ganger BIM ble brukt til å vurdere alternative løsninger: Informantene forteller at BIM-modellen blir også brukt til å vurdere alternative løsninger i byggeprosjekter, for eksempel til å vurdere forskjellige romløsninger eller optimale lås- og adgangskontrollsystem. Informantene mener at det er en selvfølge at modellen blir brukt til dette formålet, og de ser dermed ikke poenget med en egen måling på dette. Informantene påpeker at det likevel er en måling som kan ønskes av prosjekteringsledelsen, men da må det settes tydelige mål fra starten av. For eksempel er det viktig at prosjekteringsgruppen blir fortalt «når vi vurderer bæresystemet skal vi

vurdere tre ulike alternativer». Informantene utdyper at ledelsen må ta en bevisst stilling til hvorfor de ønsker å fokusere på en bestemt måling, og kommunisere det med prosjekteringsgruppen.

4.4.4 Målinger og digitale verktøy

Intervjuene avdekket at det er stor frihet til å velge hvilke programvarer og verktøy som skal brukes i de ulike prosjektene. Det kommer helt an på byggherre og menneskene i prosjektet. Informantene mener det er problematisk at det brukes mange ulike verktøy innad et prosjekt og at det brukes mange forskjellige verktøy fra prosjekt til prosjekt. Brukergrensesnittet i de ulike programvarene oppleves forskjellig, og det tar ofte litt tid før alle prosjekteringsdeltakere blir komfortabel med bruken av de nye verktøyene. Informantene påpeker også at mange rådgivere har begrenset tid til å sette seg inn i nye verktøy og metoder.

Dagens tilnærming til målinger går ut på å samle inn data fra ulike programvarer som HENT Core, BIM, Microsoft Excel og andre skybaserte prosjektplanlegging og -styringsverktøy som brukes i prosjektet. Disse kan blant annet være Microsoft Projects, Safran, Dalux, PIMS, Task Control, Miro, Mentimeter og Microsoft Teams. Informantene uttrykker at byggebransjen er fragmentert og at det er behov for standardisering. De mener at bransjen må utarbeide standarder for hvordan digitale verktøy bør brukes. På denne måten kan arbeidsprosessene gjøres på samme måte uavhengig av prosjekt eller aktør.

Informantene uttrykker at hvilke målinger som utføres i et prosjekt henger i stor grad sammen med hvilke målinger som kjøres automatisk i de valgte verktøyene for prosjektet. De fleste verktøy som brukes i dag legger ikke til rette for målinger eller er ikke godt utviklet med tanke på målinger. I så fall tar for seg kun enkle målinger som for eksempel PPU. Informantene kaster lys på problematikken rundt bruken av digitale verktøy med tanke på tidsbruken. Informantene forteller videre at det ikke finnes gode nok verktøy for å gjennomføre mange målinger, og at det kan bli tidkrevende å gjøre disse målingene manuelt. Dersom man bruker Miro til leveranser og aksjoner, vil det eksempelvis være mer tidkrevende å måle TA og TMR. Man må manuelt overføre alle oppgavene over til et Excel-regneark og utføre målingen der. Derfor mener informantene at man må ta bevisste valg på hva man skal måle ut ifra hvilke verktøy man bruker, og vice versa. Det må tas en vurdering av verdien målingen gir, og tiden det tar å gjennomføre målingen. Informantenes forteller at byggherre og prosjektledelsen må bestemme hvilke verktøy som skal brukes tidlig i byggeprosessen. De anbefaler at det tenkes nøye gjennom valg av verktøy for et prosjekt, og at verktøy som legger til rette for automatiske målinger bør foretrekkes.

4.5 Målinger som er foreslått på VDC-sertifiseringsprogram

NTNU og Stanford Center for Professional Development arrangerer VDC-Certificate Program som er et kurs for VDC-sertifisering i Norge, tilpasset norsk byggenæring (NTNU, 2021). Kurset gir helhetlig kunnskap om VDC, implementering av VDC og praktisk anvendelse av VDC i eget prosjekt. Professor Martin Fischer er foreleser på kurset, og teamet hans har stått ansvarlig for kursmateriale. I forbindelse med sertifiseringsprogrammet er det utarbeidet et dokument som inneholder et sett med målinger som kan brukes i byggeprosjekter. Dette dokumentet, heretter kalt metrics-dokumentet, er gitt som Vedlegg D.

Metrics-dokumentet inneholder tre hovedkategorier med målinger: BIM, ICE og PPM. Fischer (2020) har anbefalt 38 BIM-målinger, 32 ICE-målinger og 38 PPM-målinger. De anbefalte

målingene har blant annet som hensikt å sikre god involvering av aktører, planpålitelighet, tverrfaglighet og kvalitet. Hver av disse hovedkategoriene for målinger deles videre i kontrollerbare faktorer og produksjonsmålinger i VDC. Informantene uttrykker at metrics-dokumentet inneholder mange flere målinger enn det som er vanlig å gjennomføre i HENT.

Metrics-dokumentet fremstiller sammenhengen mellom PDSA-sirkelen, POP-modellen og målinger på en oversiktlig måte. I tillegg kobles de ulike kontrollerbare faktorene opp mot «hvorfor, hva, hvem og hvordan» slik at det ikke er noe tvil om hva den kontrollerbare faktoren skal kommunisere. Mens «Plan» og «Act» kobles direkte til kontrollerbare faktorer, kobles «Do» og «Study» til produksjonsmålinger i VDC. Informantene som ble intervjuet mener at kontrollerbare faktorer er alle ting man har bestemt seg å gjøre for å få bedre flyt og kvalitet i prosjekteringsprosessen. Produksjonsmålinger derimot er de målingene som man utfører for å måle effekten av det man har gjort. Derfor må man avhengig av resultatene fra produksjonsmålinger sette i gang tiltak som kan forbedre resultatene. Informantene mener at det er ofte justeringer i kontrollerbare faktorer som kan utgjøre de viktigste forskjellene i prosjekteringsfasen.

Informantene tror at kontroller og målinger, gjennom PDSA-metoden, vil føre til at HENT oppnår forbedringer på lang sikt. For alle målinger gjelder følgende: Først skal man sette en ønsket målverdi for en bestemt måling. Dette henger sammen med PDSA-metodens «Plan». Her understreker informantene viktigheten av at målingene er kvantitative og målbare. Deretter skal man måle hva det faktiske resultatet av målingen blir, noe som handler om «Do». Ved å måle differansen mellom det planlagte og det målte resultatet, får man oversikt over trenden i prosjektet. Dette betegnes som «Study». Deretter må nye tiltak standardiseres og settes i live for å forbedre situasjonen, det vil si «Act». Informantene mener at åpenhet og ønsket om å lære av sine erfaringer, vil styrke HENT sin kompetanse og konkurransedyktighet.

5 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres resultatene fra den kvalitative datainnsamlingen som ble presentert i resultatkapitlet. Hensikten til dette kapitlet er å drøfte og besvare forskningsspørsmålene i lys av empiriske funn og teori. Diskusjonskapitlet er strukturert i henhold til forskningsspørsmålene for oppgaven. Diskusjonskapitlet legger dermed grunnlaget for den påfølgende konklusjonen.

5.1 Hva er forutsetningene for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen?

I HENT AS er det prosjekteringslederen som gjennomfører målinger i prosjekteringsprosessen. Prosjekteringsledere gjennomfører målinger for å få bedre kontroll og oversikt over de ulike prosessene. På denne måten vil det være mulig å gjøre endringer på ineffektive prosesser underveis, slik som Knotten og Svalestuen (2014) anbefaler bruken av målinger i henhold til VDC-rammeverket. I de senere årene har HENT i større grad satt søkelyset på prosjektets prosessmålsetninger, fremfor et utelukkende fokus på prosjektets resultatmålsetninger, da prosessmålsetninger kan bidra til å øke den indre effektiviteten i prosjektet (Kunz & Fischer, 2012). I tråd med den anbefalte praksisen i litteraturen, måles både kontrollerbare prosjektfaktorer og produksjonsmålinger. Det utføres målinger som legger fokus på prestasjoner i forhold til fremdrift, ICE-møtedeltakelse og deltakernes grad av tilfredsstillelse med møtet, opplevelse av samhandlingen innad prosjekteringsgruppen, hvorvidt BIM-modellen oppdateres regelmessig, BIM-modellens modenhet og kollisjoner i BIM-modellen.

For å kunne diskutere hva som er forutsetningene for at målinger skal være nyttige, er det viktig å gå i dybden på målinger og se hva som er hensikten med en måling. Det er ingen tvil om at ulike målinger gir informasjon om forskjellige aspekter av en prosess på ulike tidspunkter. Dersom man måler prosjektets prosessmålsetninger, er det for å finne ut om prosjektet er på vei til å klare å nå de målene som er satt for den bestemte prosessen. Når man måler en kontrollerbar prosjektfaktor, er det for å sikre at forholdene er lagt til rette for at prosjekteringsgruppen kan gjøre jobben sin på en best mulig måte. Videre måler man effekten av det arbeidet som er gjort ved å forta produksjonsmålinger. Måling av prosjektets resultatmålsetninger i slutten av et prosjekt, for eksempel måling av kostnad, tid, kvalitet og sikkerhet, skal vise om prosjektet klarte målsetningene som ble satt i forkant.

Det som kan sies å være felles for alle målinger i VDC-rammeverket, er at de gir en indikasjon på om prosjektet vil klare å oppnå den ønskede måleverdien som er satt for prosjekteringsprosessen. Derfor kan det argumenteres for at det er en sterk sammenheng mellom SMART-målformulering, forklart i kapittel 3.4.1, og hvordan målinger bør utformes for å være nyttige. Ut fra intervjuene er det i hovedsak identifisert 10 forutsetninger for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen. Disse forutsetningene er presentert i Tabell 11. I følgende avsnitt er disse forutsetningene beskrevet og diskutert.

Tabell 11: Forutsetninger for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen

#	Forutsetninger
1	Spesifikk
2	Målbart
3	Akseptert av alle om mulig
4	Fokus på kunde- og prosjektmål
5	Kontinuitet
6	Kontinuerlig forbedring
7	Resultater må tas opp i møtene
8	Påvirke aktivt
9	Stimulere til ønsket atferd
10	Forankring hos ledelse

1. Spesifikk

I likhet med Samset (2014) mener informantene at målinger bør være enkle å måle og enkle å forstå. Dette er S-en som står for spesifikk i SMART-målformulering. Målingene må defineres tydelig slik at det ikke er rom for å misforstå hva målingen skal kommunisere. Dette synet støttes også av Parmenter (2015) som mener at målinger bør være enkle slik at alle ansatte i en organisasjon forstår målingen og hvilke korrigerende tiltak som målingen krever. Videre mener informantene at målinger skal helst være kvantitative, det vil si være konkrete og tallfestede, noe som også er foreslått i flere publikasjoner (Fischer et al., 2017; Kunz & Fischer, 2012). Kvantitative målinger er fordelaktig da kvantitative resultater er enklere å samle og å visualisere. I HENT plotter prosjekteringsledere diagrammer basert på målingene og presenterer resultatene for prosjekteringsgruppen. Videre følger prosjekteringsledere med på målingene for å kunne gjøre tiltak dersom resultatene viser en uønsket trend, noe som er i tråd med VDC-rammeverket.

2. Målbart

Resultatene viser at det er viktig å sette tydelige og ambisiøse mål for prosjekteringsprosessen. Informantene argumenterer for at det er nødvendig å tørre å sette tallfestede mål på både store og små oppgaver før oppstart av oppgavene. Dette mener de er nødvendig for å kunne måle fremdrift. Før en måling starter må det altså settes en målverdi man ønsker å oppnå, slik at resultatet av målingene kan sammenlignes opp mot en referanse. Dette henger nemlig tett sammen med M-en i SMART-målformulering som tilsier at et mål skal være målbart. Samset (2014) tillegger stor vekt på om målemetode og hvordan man skal fastslå grad av oppnåelse er kjent i et prosjekt. Målemetode og ønsket målverdi skal være med på å avdekke om prosjektet klarer å prestere i henhold til planen.

3. Akseptert av alle om mulig

Samset (2014) mener et mål, en måling eller en ønsket måleverdi i dette tilfelle, bør være akseptert av alle parter om mulig. Dette presenterer A-en i SMART-målformulering. Resultatene fra intervjuene stemmer godt overens med Samset sin oppfatning, og viser at det er svært viktig å ha hele prosjektteamet med på laget når man innfører nye målinger. Mange målinger er ment til å fange opp hele prosjekteringsgruppens opplevelse og prestasjon i prosessene, derfor er det

kritisk å sørge for at alle deltakere er innforståtte med viktigheten av at målingene gjennomføres gjennom hele prosjekteringsprosessen. I tråd med Khanzode (2010) mener informantene at målinger bør være eksplisitt og transparent for hele teamet og at målinger bør deles med alle slik folk kan se hvordan prosjektet og prosjekteringsgruppen presterer.

4. Fokus på kunde- og prosjektmål

Informantene uttrykker at målingene som gjennomføres i et prosjekt bør være i samsvar med kunde- og prosjektmålene i prosjektet. Dette synet deles også av Fischer et al. (2017) som hevder at det er gjennom målinger et prosjekt kan oppnå sine målsettinger. Prosjektledelsen må oversette kundemål til bruks-, drifts- og bærekraftsmål sammen med målene for sikkerhet, kvalitet, fremdriftsplan og kostnad for å måle byggbarhet (Fischer et al., 2017; Rischmoller et al., 2018). Informantene mener at klare målsetninger for prosjektet er svært viktig, da målinger skal bidra til å sjekke hvordan prosjektet presterer i forhold til de målsetningene som er satt for prosjektet. Knotten og Svalestuen (2014) bekrefter også at for å kontrollere resultatet av en prosess, er det nødvendig med målinger som forteller hvordan prosessen går. Alle informantene mener også at det viktigste bidraget fra målinger er at de forteller om prosjektet treffer mål eller ikke, og om prosjektet ligger an til å oppfylle kunde- og prosjektkravene.

5. Kontinuitet

Et viktig moment ved implementering av målinger i prosjekteringsprosessen er kontinuitet ved metoden. For at målinger skal være nyttig i prosjekteringsprosessen, er det svært viktig at de måles og følges opp kontinuerlig gjennom hele prosjekteringsforløpet. Parmenter (2015) argumenterer for at målinger må gjennomføres ofte: Daglig, ukentlig eller månedlig. Landet et al. (2017), i likhet med informantene, understreker at målinger har liten effekt uten oppfølging. Knotten og Svalestuen (2014) mener også at målinger skal brukes gjennom hele prosjektets varighet for kontinuerlig forbedring av prosjektprosesser. Likedan mener Haponava og Al-Jibouri (2012) at målinger bør brukes til å aktivt kontrollere prosessene mens prosjektet fremdeles pågår. Informantene ser store fordeler ved den ukentlige oppfølgingen. Resultatene indikerer at kontinuitet er viktig for å være tydelige utad til resten av prosjekteringsgruppen, for å få satt rutiner og for å øke forutsigbarheten i prosjekteringsprosessen. Med tiden vil kontinuitet øke forståelsen for VDC og kompetansen til de involverte i prosjekteringsgruppen, noe som gagnar alle.

6. Kontinuerlig forbedring

I tråd med Lean-prinsippene er kontinuerlig forbedring et sentralt aspekt ved VDC-rammeverket og dermed målinger i prosjektering (Koskela et al., 2002; Kunz & Fischer, 2012). For at målingene skal være nyttige er det viktig at organisasjonen har en kultur og motivasjon for kontinuerlig forbedring (Landet et al., 2017). Kontinuerlig forbedring underveis i prosjekteringsprosessen handler om å tilpasse metodikken gjennom hele prosessen, hvor man tar med seg nye erfaringer, lærer av erfaringene og forbedrer prosessene deretter. Videre forteller informantene at det som kjennetegner gode målinger er at de gir prosjekteringsledelsen detaljert innsikt i prosjektets prestasjoner, og gir dem mulighet til å sette forbedrende tiltak før det er for sent. Dette korresponderer med Landet et al. (2017) som mener at det å kunne justere kurs og sette tiltak tidlig er en av de største fordelene som målinger gir. Det utdypes videre at målinger kan indikere

hvilke aspekter av et prosjekt man må bli oppmerksom på. Dersom forbedringsområder avdekkes, er det også viktig å ta tak i disse med en gang. Dette er informantene opptatt av og de mener at prosjekteringsgruppen må kunne se positive effekter for å være motivert til å ta i bruk målinger videre. PDSA er et nyttig verktøy som bør bli benyttet i arbeidet med kontinuerlig forbedring (Evans & Lindsay, 2013; Fischer et al., 2017; Kalsaas, 2017).

7. Resultater må tas opp i møtene

En annen viktig forutsetning for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen er at resultatene fra målingene faktisk tas opp i møter med både prosjektledelsen og prosjekteringsgruppen. Flere informanter understreker at målinger må brukes som et utgangspunkt for samtaler med prosjekteringsgruppen. Målingene må visualiseres og vises til prosjekteringsgruppen. Ifølge Landet et al. (2017) gir målinger prosjekteringsgruppen en tydelig retning for hvilke utfordringer som teamet bør ta opp til diskusjon og finne forbedringstiltak. Målinger åpner opp for å finne mulige løsninger for identifiserte svakheter og problemer i fellesskap. Dessuten mener informantene at mange i bransjen har nytte av gode og konkrete tilbakemeldinger for å kunne forbedre seg selv. De nyttige tilbakemeldingene som prosjekteringsdeltakere får, kan dessuten brukes som underlag for egevaluering av prosjektet ved gitte milepæler. Resultatene fra målinger åpner dermed for diskusjoner som kanskje vanligvis er vanskelig å ta opp (Landet et al., 2017). Basert på dette kan man si at målinger bidrar til å sikre kontroll over prosjekteringsgruppens prestasjon, og samtidig bidrar også til å sørge for fremtidig prestasjon.

8. Påvirke aktivt

Flere informanter deler også synet om at målinger er mest nyttig når de tar for seg prosesser som prosjekteringsledelsen aktivt kan påvirke. Dette henger sammen med kontrollerbare faktorer som Kunz og Fischer (2012) presenterer. Prosjekteringsledelsen bør alltid tenke på hvordan de kan legge til rette for at prosjekteringsgruppen kan gjøre jobben sin på best mulig måte. Informantene mener at det er bortkastet tid å fokusere på målinger som prosjekteringsledelsen ikke kan påvirke, eller målinger som ikke kan ha en positiv påvirkning på prosjekteringsprosessen. Rischmoller et al. (2018) hevder at de beste målingene er de som prosjekteringsledelsen mener er viktige, som for eksempel møtedeltakelse og møteevaluering. Dette støtter under informantenes synspunkt at til tross for at det meste kan måles, bør man starte med de viktigste faktorene som av erfaring gir en best mulig flyt i prosjekteringsprosessen. Likevel vil det bestandig finnes en del faktorer som prosjektet ikke alltid kan ta høyde for. Det er viktig å anerkjenne at enkelte faktorer er vanskelig for prosjekteringsledelsen å styre over. Noen faktorer, som for eksempel endringsmeldinger fra byggherre eller dårlig nett på Big Room som hindrer samhandlingen, kan påvirke målingene og gi sprikende resultater. Disse målingene vil da ikke kunne fortelle hvordan prosjekteringsgruppen kan forbedre prosessene sine, noe som er hensikten med prosessmålinger.

9. Stimulere til ønsket atferd

I likhet med informantene mener Parmenter (2015) at målinger skal kunne ha en positiv innvirkning på prestasjonen til prosjekteringsgruppen. Målinger skal bidra til å stimulere til ønsket atferd og oppfordre teamet til passende handlinger (Andersen, 2020; Landet et al., 2017). Å måle for å måle er ikke hensiktsmessig. Parmenter (2015) forklarer at målinger som i liten grad er

gjennomtenkte kan føre til dysfunksjonell atferd i teamet. Av den grunn er det svært viktig at prosjekteringsledelsen forutser hva slags konsekvenser som vil dukke opp som følge av implementeringen av en måling. Under intervjuene ble det nevnt at for å få en høy PPU-verdi kan prosjekteringsdeltakere fokusere på de enklere arbeidsoppgavene, fremfor de vanskeligere og viktigere, noe som er uheldig. Derfor er det viktig å forsøke å minimere den mulige negative effekten som en måling kan medføre, for eksempel ved å rette søkelyset på kontrollerbare prosjektfaktorer og bedre fasilitering.

10.Forankring hos ledelse

Funn viser også at forankring hos ledelsen er også svært viktig, noe som er understreket av flere forskere tidligere (Andersen & Fagerhaug, 2002; Fosse et al., 2017; Landet et al., 2017; Parmenter, 2015; Samset, 2014). Ledelsen bør ha forståelse for mulige gevinster ved å gjennomføre målinger og fremme denne tilnærmingen. Ledelsen bør også sørge for opplæring av nøkkelpersonell og kunnskapsdeling. Under intervjuene ble det tydelig at prosjekteringsledelsen har et stort ansvar når det gjelder å implementere målinger og sørge for at målinger oppleves som nyttige av prosjekteringsaktører. Som Landet et al. (2017) beskriver, er dette fordi «alle nye rutiner og prosesser i en hektisk hverdag vil fortone seg som et hinder før man selv ser gevinsten av dette».

Oppsummering

Oppgaven har avdekket ti forutsetninger for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen. Forutsetningene går ut på at målinger må være spesifikke, målbare, akseptert av alle om mulig og fokusere på kunde- og prosjektmålene. Dessuten må målingene måles kontinuerlig under hele prosjekteringsforløpet, brukes til kontinuerlig forbedring, tas opp i prosjekteringsmøter, ta for seg aspekter som prosjekteringsledelsen kan påvirke aktivt, stimulere til ønsket atferd i prosjekteringsgruppen og ha forankring hos ledelse.

5.2 Hva er hovedutfordringene knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen?

Resultatene tyder på at VDC er enda ikke tatt i bruk av alle i bransjen. Mange aktører i byggebransjen mangler helhetlig forståelse for prosjekteringsledelse og VDC-rammeverket. Dette kan skyldes at prosjekteringsledelse er et ungt og mindre utforsket fagområde (Knotten, 2018; Østby-Deglum et al., 2013). Sammenlignet med byggeprosessen har prosjekteringsprosessen fått lite oppmerksomhet i forskningen. Videre indikerer resultatene at målinger er den minst omtalte og brukte hovedelementet i VDC. Derfor er målinger den delen av VDC-rammeverket som aktører i bransjen vet minst om. Som en følge av det ser ikke aktører verdien eller gevinsten med målinger. Under intervjuene ble det nevnt en rekke hovedutfordringer knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen. Disse utfordringene er presentert i Tabell 12.

Tabell 12: Hovedutfordringer knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen

#	Utfordring
1	Manglende kunnskap og forståelse for VDC-rammeverket
2	Lite fokus på prosess
3	Ressurskrevende arbeidsoppgave for prosjekteringsleder
4	Tidkrevende arbeidsoppgave og mangel på gode verktøy
5	Manglende kontinuitet og logging med varierende innsats
6	Måling av kvalitet i prosjektering
7	Endringsmotstand
8	Å finne riktige måleindikatorer

1. Manglende kunnskap og forståelse for VDC-rammeverket

Bruken av VDC er fortsatt ikke utbredt i bransjen og mange aktører har ikke fått opplæring i arbeidsmetodene. Resultatene indikerer at målinger er den minst omtalte og brukte hovedelementet i VDC. Dataene tyder på byggebransjen har godt av at enda flere deltar på kurs og får opplæring i VDC-rammeverket. Basert på innhentet data kan man tenke optimistisk at VDC-sertifisering vil hjelpe byggebransjen å få det løftet den trenger i årene fremover.

Det er stor enighet blant informantene at det er lite bruk av målinger i prosjekteringsprosessen på de fleste av byggeprosjektene. Det er ikke utbredt å visualisere prosjekteringsstatus og det er heller ikke vanlig å analysere eventuelle måledata fra prosjekter. Dessuten indikerer resultatene at ikke alle aktører i prosjekteringsprosessen ser verdien eller gevinsten med målinger. For at målinger skal være nyttige i prosjekteringsprosessen, er det som beskrevet tidligere nødvendig at alle prosjektaktører ser verdien i målingene og enige i å gjennomføre dem.

Mange av informantene mener at målinger handler om bevisstgjøring av hvordan man selv og teamet presterer i forhold til de satte målene for prosessen. Med bakgrunn i dette kan man hevde at for å kunne øke produktiviteten og forbedre samarbeidet i prosjekteringsprosessen må bevisstheten rundt egen prestasjon økes og barrierer overvinnes. Nettopp derfor er det viktig å fremme hensikten med målinger. Hensikten er å oppdage flaskehalser, stimulere til pålitelighet, finne svikt i flyten og eliminere årsaken til den identifiserte svikten. Med bakgrunn i resultatene kan man hevde at ulike aktører begynner å få øynene opp for at målinger er nyttig, men denne utviklingen går langsomt.

2. Lite fokus på prosess

Resultatene viser at de fleste i bransjen er vant til målinger av produkt, men ikke av prosess. I dag er det vanligere å utføre målinger i produksjonsfasen av byggeprosjekter. Dessuten er det hovedsakelig reaktive målinger som blir benyttet for å sjekke prosjekteringsresultater etter endt prosjekt. De fleste prosjekter måler at sluttresultatet er godt nok, og sier seg fornøyd så lenge det er det. Dette har til en viss grad forandret seg i de siste årene gjennom implementeringen av Lean-prinsipper og VDC.

Tidligere forskning peker på at for mange reaktive målinger er en stor utfordring for bransjen, da reaktive målinger alene er lite hensiktsmessig med tanke på kontinuerlig forbedring (Beatham et al., 2004; Haponava & Al-Jibouri, 2012; Parmenter, 2015). Rischmoller et al. (2018) argumenterer for at de målingene som er mest nyttige for prosjekteringsprosessen er proaktive målinger. En mulig forklaring på det er at reaktive målinger eller den tradisjonelle prosjektevalueringsspraksisen som tar for seg tid, kostnad og kvalitet, ikke er tilstrekkelig for å evaluere alle prosjektaspekter eller bidra til kontinuerlig forbedring (Beatham et al., 2004; Haponava & Al-Jibouri, 2012).

For å øke gevinsten som målinger kan gi har flere forfattere understreket behovet for å bruke målinger som måler prosjektprestasjonen på prosessnivå (Haponava & Al-Jibouri, 2012). Det er behov for en ny tilnærming til målinger som vurderer byggeprosessen og tillater aktiv kontroll (Haponava & Al-Jibouri, 2012). Resultatene viser at aktiv kontroll er noe informantene er svært opptatt av. Resultatene stemmer overens med Koskela et al. (2002) som mener at forbedring i prosjekter er nært knyttet til kontroll. Målinger og kontroller bidrar til å identifisere årsaker til feil og mangler, slik at de kan bli behandlet deretter.

VDC-rammeverket oppfordrer og legger til rette for at prosjekteringsleder måler kontrollerbare prosjektfaktorer, prosjekt prosessmålsetninger og prosjekt resultatmålsetninger. Funn viser at disse målingene bidrar til en klarere forståelse av prosjektets prestasjon. Dessuten tyder resultatene på at de myke aspektene ved prosessprestasjon er viktig for å kunne si noe om prosess-suksess, som tidligere ikke har vært på stor oppmerksomhet på (Hussein, 2016).

3. Ressurskrevende arbeidsoppgave for prosjekteringsleder

En hovedutfordring knyttet til målinger, er at de krever ressurser i form av tid og oppmerksomhet fra prosjekteringsleder. Først og fremst må prosjekteringslederen bestemme seg for noen målinger som han eller hun mener er hensiktsmessig å måle. Når prosjekteringslederen har bestemt seg for hva som skal måles og hva slags verdi målingene vil tilføre prosjektet, må disse kommuniseres med prosjekteringsgruppen. Her vil prosjekteringslederen fungere som en slags endringsagent og fasilitator. På mange måter kan det sies at prosjekteringslederen får flere arbeidsoppgaver som tidligere ikke har vært påkrevd. Gitt den påvirkningsmakten en prosjekteringsleder har, bør han eller hun være engasjert og forplikte seg til å lede prosjekteringsgruppen gjennom fasiliteringen og opplæringen av arbeidsmetoden. Hvis ikke kan prosjekteringslederens motivasjon være en potensiell trussel for denne prosessen hvor målinger i prosjekteringsprosessen etableres.

Under intervjuene ble det påpekt at man skal aldri introdusere en måling uten påfølgende fasilitering. Prosjekteringsleder må være bevisst på hvordan målinger legges frem for prosjekteringsgruppen, og må ta seg nok tid til å forklare hva målingen skal være en indikator for. Tradisjonelt har det ikke vært utbredt å visualisere måleresultater, og deretter ha samtale om prosjektstatus og prestasjoner med prosjekteringsgruppen. Den nye arbeidsmåten kan ta litt tid å implementere i prosjekteringsgruppen, og det krever tålmodighet. En vanlig barriere mot

endring er at tid og krefter som er nødvendig for å oppnå positive resultater er ofte undervurdert. Gjennom samtaler bør prosjekteringslederen ufarliggjøre målinger og gi et innblikk i den potensielle nytteverdien for prosjekteringsgruppen.

4. Tidkrevende arbeidsoppgave og mangel på gode verktøy

De fleste informantene mener at målinger er tidkrevende. Dette støttes også av Chan og Chan (2004) sin studie som viser at det å ha for mange og for komplekse målinger kan potensielt være tid- og ressurskrevende. Likevel peker resultatene på at det er uenigheter rundt om målinger tar lang tid å gjennomføre eller ikke, og eventuelt hva som regnes som lang tid. Informanter som mener at målinger tar kort tid, mener også at de som ikke føler det samme gjennomfører målinger på en mindre hensiktsmessig metode. Dette kan til en stor grad knyttes til at de ulike informantene har brukt forskjellig digitale verktøy i sitt arbeid. Mens noen har brukt digitale verktøy som er ment for prosjektstyring, for eksempel Hent Core og Safran, har andre benyttet seg av verktøy som krever mer manuelt arbeid, for eksempel Microsoft Excel og Miro.

Alle informantene er derimot enige i at alle tilgjengelig prosjektstyringsverktøy mangler flere funksjoner i forhold til hva det er behov for. Dagens tilnærming til målinger går ut på å samle inn data fra mange ulike programvarer, noe som er ineffektiv. Derfor er det et stort behov for bedre prosjektstyringsverktøy som i større grad tilrettelegger for målinger. Informantene anbefaler at det tenkes nøye gjennom valg av verktøy for et prosjekt, og at verktøy som legger til rette for automatiske målinger foretrekkes. Generelt anbefaler informantene at det brukes færrest mulig verktøy og kommunikasjonskanaler i et prosjekt.

Med bakgrunn i intervjuene kan det sies at det er av stor betydning at målinger blir mest mulig automatisert. På denne måten vil de kreve minst mulig ressurser av både prosjekteringsledelsen og prosjekteringsgruppen å gjennomføre og følge opp. Til tross for at målinger er tidkrevende, er informantene enige i at den positive effekten som er observert i prosjektene deres oppveier det ekstra arbeidet som er gjort med målingene.

5. Manglende kontinuitet og loggføring med varierende innsats

For at målinger skal være nyttige må målingene utføres kontinuerlig og prioriteres under prosjekteringsmøter. Det må settes av tid til å gjennomføre de valgte målingene under planleggings- og prosjekteringsmøter. Under intervjuene nevnes det at siden det å gjennomføre målinger krever ressurser og oppfølging, kan det i travle perioder bli nedprioritert. Kontinuitet i arbeidet er altså en stor utfordring ved målinger. Ifølge informantene er det spesielt viktig å gjennomføre målinger når det er mest hektisk i prosjekteringen. Det er fordi prosjekteringsgruppen har det lettere for å gå vekk fra de satte rammene i slike perioder. Prosjekteringsdeltakere kan fort falle tilbake i gamle vaner og praksis. For å unngå dette må prosjekteringsleder være veldig bestemt og tydelig på at målinger er noe som prosjektet aktivt prioriterer. Det er viktig å holde seg tro til arbeidsmetoden for å kunne planlegge ordentlig og ikke miste perspektivet i hektiske perioder. Gevinstene ved å måle kontinuerlig er betydelig større enn gevinstene ved å slutte å måle midt i et prosjekt for «å få nok tid» til å gjøre andre prosjekteringsoppgaver.

Resultatene viser at målinger loggføres med varierende innsats. Prosjekteringsledelsen kan miste muligheten til å oppdage åpenbare trender i målingene, dersom målingene ikke loggføres kontinuerlig. Det vil altså bli vanskeligere å benytte målingene til læring og kontinuerlig forbedring

av prosjektet. Det vil alltid være mer interessant å analysere større mengde data. Derfor bør målinger til en viss grad være standardisert for en bedrift, slik at prosjekter kan sammenlignes med hverandre. Det å sette av tid til målinger må aktivt prioriteres, noe som henger sammen med hvor god forståelse for VDC-rammeverket man besitter. Resultatene indikerer at det er viktig å forplikte seg til metodikken gjennom hele prosjekteringsprosessen for å få et godt utbytte.

6. Måling av kvalitet i prosjektering

I HENT gjennomføres det en rekke målinger som blant annet fanger opp prestasjoner i forhold til fremdrift, ICE-møter og BIM-modellen. Erfaringene viser at disse målingene er enkle å gjennomføre, noe som er positivt med tanke på tidseffektivitet, men disse målingene fanger ikke opp kvaliteten i prosjekteringsarbeidet som blir gjort. Resultatene viser at å måle kvalitet av prosjekteringsarbeider blir ansett som utfordrende.

Flere informanter påpeker at modellering i BIM sammen med MMI kan bidra til å løse dette problemet ved at man bruker MMI både i planlegging og oppfølging av planlagte oppgaver. Ved utstrakt bruk av MMI kan man gjøre målinger av BIM-modellens modenhet i forhold til planen. Ifølge informantene kan MMI åpne opp for en direkte måling av kvalitet ved at man kan sjekke hvor mange av de elementene som skulle ha vært på en gitt status-kode, faktisk er på den. Dette er dog avhengig av at de prosjekterende bruker MMI på lik linje, at alle er innforstått med hva de ulike kodene betyr for de ulike fagdisiplinene og at modellen er oppdelt i fornuftige kontrollområder i samsvar med fremdriftsplanen (Fløisbonn et al., 2018). Likevel er det de færreste som har en slik kompetanse i dag, derfor er det behov for en standard og opplæring i arbeidsmetoden.

7. Endringsmotstand

En annen hovedutfordring viser seg å være endringsmotstand blant aktørene i prosjekteringsprosessen. Aktørenes manglende evne eller motvilje til å endre sin eksisterende praksis er en stor utfordring knyttet til målinger. Barrierer som endringsmotstand og samarbeidsvillighet gjør arbeidet med kontinuerlig forbedring utfordrende, og setter stopper for det løftet som bransjen trenger.

På en annen side viser resultatene at enkelte kan oppleve målinger som en form for overvåkning og kontrollering. I praksis vil målinger bidra til et større press for å levere arbeid i henhold til avtalt tid, og aktører vil holdes ansvarlige dersom arbeidet ikke utføres. De fleste av informantene har opplevd at enkelte aktører er bekymret for at målinger skal brukes mot dem, eller som en form for kritikk. Derfor kan det argumenteres for at folk ikke er motstandere av endring, men heller motstandere til usikkerheten og de ulike utfallene en endring kan ha. Ved målinger vil mangler, feil eller avtagende prestasjon være godt synlig, noe som kan oppleves som mer stressende for de ulike aktørene sammenlignet med tidligere praksis.

Endringsmotstand kan sees på som en konsekvens av manglende helhetlig forståelse for VDC-rammeverket. I motsetning til det mange aktører frykter, handler ikke målinger om å sette en karakter på de ulike aktørene. Hensikten med målinger er å forbedre flyten underveis i prosjekteringen. Ifølge Khanzode (2010) skal målinger bidra til å forbedre oppførselen til teammedlemmer, for eksempel ved at det settes tiltak dersom møtedeltakelse er lavt. Spørsmålet er hvordan man skal få ulike aktører å akseptere målinger og å få dem til å se nytteverdien av målinger. Funnene tilsier at kommunikasjon og konsultering med prosjekteringsteamet regnes som en av de mest kritiske suksessfaktorene når det gjelder implementering av en endring.

Involvering i alle endringens aspekter vil gi teamet muligheten til å komme med tilbakemeldinger og forslag. Ut ifra dette kan man hevde at å jobbe med målinger handler i like stor grad om å lage effektive team og skape tillit i teamet.

Som beskrevet tidligere er forankring i ledelsen en svært viktig forutsetning for at målinger skal være nyttige. Deming, omtalt i Evans og Lindsay (2013), beskriver at arbeidet med kontinuerlig forbedring er hovedsakelig ment til å bli drevet frem av ledelsen. Likevel er det viktig å inkludere og involvere de ulike teammedlemmene i å drive frem endringen. En vanlig barriere for endring er å bruke tid på å jobbe mot dem som ikke vil ha forandring. I utgangspunktet bør målinger implementeres som en del av VDC-implementering i de prosjektene og de prosjekteringsteamene som ønsker forandring. Tanken er at de som er imot endringen vil se de gode resultatene som oppnås og ville være med i bevegelsen (Fosse et al., 2017). Resultatene bekrefter at det å ha vellykkede prosjekter og VDC-implementeringer å vise til, vil forenkle arbeidet med å overbevise prosjekteringsaktører i fremtidige prosjekter.

8. Å finne riktige måleindikatorer

Informantene uttrykker at de har utfordringer med å finne riktige måleindikatorer for prosjekteringsprosessen som skal føre til kontinuerlig forbedring. Det er også utfordrende å finne kontrollerbare faktorer som har en klar årsak-virkning-sammenheng. Utfordringen ligger i å definere meningsfulle målinger som kan knyttes opp mot prosjektmålene, og gjøre prosjektlederne i stand til å kontrollere faktorer for å nå disse målene (Fischer et al., 2017) Med bakgrunn i intervjuene kan man si at flere i bransjen har en reservert holdning og ønsker ikke å ta i bruk målinger før de er sikre på at målingene vil gi en positiv effekt. De fleste ønsker å ta i bruk målinger som av erfaring har demonstrert en positiv effekt, samtidig som de selv ikke ønsker å bruke tid på å finne ut om målingen er nyttig. I Vedlegg D er det mulig å se at Fischer (2019) har utarbeidet 38 målinger for BIM, 32 målinger for ICE og 38 målinger for PPM. De anbefalte målingene har blant annet som hensikt å sikre god involvering av aktører, planpålitelighet, tverrfaglighet og kvalitet. Når det finnes så mange målinger å velge mellom, kan man tenkte at den store utfordringen egentlig ikke er å finne gode målinger, men det er heller å ta dem i bruk.

En annen stor utfordring knyttet til målinger generelt, men også prosjekteringsledelse, er at det ikke finnes et fasitsvar fordi prosjektene er unike og menneskene i et prosjekt kan være veldig forskjellige, med ulik kunnskap og behov. Mange av informantene uttrykker et ønske om standardisering innen målinger. I dag er det stor frihet til å velge de målingene man vil, da prosjektene og kontraktene er forskjellige. Det er en selvfølge at prosjekteringsledere velger de målingene som det er behov for i deres prosjekter. Likevel hadde det vært fordelaktig om prosjekteringsledere i HENT, på tvers av ulike prosjekter, kan enes om noen målinger som måles i alle prosjekter. Dette vil i lengden bidra til å kunne analysere en større mengde data og bruke det i arbeidet med kontinuerlig forbedring. Resultatene fra målinger kan brukes til forbedring i prosjektet og erfaringsoverføring til andre prosjekt.

Oppsummering

I denne oppgaven kommer det tydelig frem at målinger er det minst omtalte og brukte hovedelementet i VDC. Det skyldes ofte manglende kunnskap og forståelse for VDC-rammeverket. Resultatene viser at det fokuseres for mye på målinger av produkt, og ikke så mye av prosess. Å gjennomføre målinger er dessuten en tidkrevende aktivitet for prosjekteringsledere. Ifølge informantene er knapphet på tid og manglende verktøy et av de største hindrene for å

gjennomføre målinger kontinuerlig. Manglende kontinuitet og loggføring med varierende innsats gjør det utfordrende å oppdage åpenbare trender i prosjekteringen. Det kommer også frem at det er vanskelig å finne enkle måleparametere som kan si noe om kvaliteten på prosjekteringsarbeidet. Dessuten er endringsmotstand blant aktørene er en av de største hovedutfordringene i prosjekteringsprosessen. En annen hovedutfordring ligger i å definere meningsfulle målinger som kan knyttes opp mot prosjektmålene og bidra til kontinuerlig forbedring. Kort forklart kan opplæring i arbeidsmetoden, god fasilitering i møter, bedre digitale verktøy som automatiserer målingene, økt bruk av MMI-målinger for å sikre arbeidsunderlagets kvalitet, involvering av aktører og standardisering av målingene være med på å møte hovedutfordringene knyttet til målinger.

5.3 Hvilke utfordringer i prosjekteringsprosessen kan møtes ved å måle prosjektene?

Intervjuene avdekket at det er mange utfordringer i prosjekteringsfasen som er vanlig i byggebransjen og som går igjen fra prosjekt til prosjekt. Disse utfordringene fører til ineffektiv prosjektering. Derfor må det tas tak i disse utfordringene for å sikre kontinuerlig forbedring. Det er tvilsomt om målinger alene kan være løsningen på alle problemer, da problemene er ofte sammensatte. Likevel kan målinger bidra til å synliggjøre forbedringspotensialet og gi økt kontroll til prosjekteringsgruppen. Målinger vil bli spesielt effektiv når det tas i bruk sammen med andre VDC-elementer, og brukes i sammenheng med PDSA-metoden. Derfor er det interessant å finne ut hvilke utfordringer nevnt i intervjuene kan løses ved å måle prosjektene og hvordan målinger kan bidra til å løse disse utfordringene.

Tidspress i prosjekteringen blir trukket frem som en av de største utfordringene i prosjekteringsfasen. Informantene uttrykker at tidspresset kan ofte føre til «brannslukking» og at prosjekteringsgruppen ikke rekker å ferdigstille tegningsunderlaget innen oppstart av produksjonsfasen. Det er ingen tvil om at forsinkede prosjekteringsleveranser er det største konsekvensen av dårlig prosjekteringsprosess, da det resulterer i forsinkelser og ekstra kostnader i produksjonsfasen. Det kan argumenteres for at det ikke finnes noen målinger som kan minke tidspresset direkte, dog er målinger et godt hjelpemiddel for å tidlig finne ut hvor det «brenner». VDC-rammeverket og god prosjektstyring vil være med på å minke påkjenningene av tidspresset som prosjekteringsgruppen opplever. Langtidsarbeidet for å løse utfordringen knyttet til tidspresset vil være å utvikle effektive prosjekteringsteam som bruker et felles språk, å lage realistiske planer og å få planen til å stemme gjennom hele prosjekteringsprosessen.

Resultatene viser at flere prosjekter har problemer med fremdriftsplanlegging og fremdriftsoppfølging. Informantene mener at utfordringen knyttet til det å lage gode planer ikke kan løses direkte ved målinger, men gjennom bedre styringsverktøy, opplæring av aktører og opparbeidelse av erfaring. Likevel er det viktig å fastslå at målinger vil bidra til å utarbeide bedre planer ved å kontinuerlig måle planene som er laget og forbedre planene basert på PDSA-metodikken. Dette er nødvendig fordi det ikke er nok å lage gode planer. Planer må kunne tilpasses nye situasjoner og problemer som oppstår.

Begrenset forståelse og respekt for andre aktørers behov og avhengigheter mellom aksjoner og leveranser er også en stor utfordring i prosjekteringsprosessen. Det har vist seg at involverende planlegging og bakoverplanlegging skaper flyt i prosjekteringsprosessen, nettopp fordi arbeidsmengde og avhengigheter mellom aksjoner og leveranser blir mer visuelle og enklere å tolke (Ballard, 2000). Ved hjelp av ukeplaner, utkvikksplaner og faseplaner får de prosjekterende oversikt over prosjektet flere uker frem i tid (Ballard, 2000).

ICE-møtemetodikk sammen med BIM og Lean-prinsipper resulterer i økt samhandling og forbedret kommunikasjon på tvers av fagfelt og prosjektorganisasjon (Fosse et al., 2017; Rischmoller et al., 2018). Likevel er dårlig og ineffektiv kommunikasjon en stor utfordring i prosjekteringsprosessen. Dårlig forberedelse til prosjekteringsmøter, prioritering av andre prosjekter og prosjektering med lav byggbarhet eller kvalitet er andre utfordringer som går igjen i prosjekteringsfasen. I følgende avsnitt er det vist hvordan målinger foreslått i litteraturen kan bidra til enda bedre prosjekteringsplanlegging og -oppfølging, samhandling og kommunikasjon mellom aktører, og ikke minst sikre god kvalitet av prosjekteringsarbeidet.

PPU og rotårsaker til manglende leveranser eller forsinkelser

PPU er en av de mest brukte målingene i prosjekteringsprosessen og tar for seg hvor mange av de planlagte aktivitetene som er utført. PPU måles i prosent og en høy prosentverdi indikerer god planpålitelighet, det vil si at prosjekteringsgruppen utfører planlagte aktiviteter til riktig tid (Ballard, 2000). PPU kan måles for planlagte aktiviteter på en prosjekteringsplan, prosjekteringsleveranser og planlagte oppgaver i ICE-møte.

Rotårsaksanalyse er også en nyttig måling som er et supplement til PPU-målinger (Ballard, 2000). Målingen fanger opp rotårsakene til at aktiviteter ikke blir utført. Rotårsaksanalyse hjelper prosjekteringsledelsen til å se mønstre og sammenhenger på hvorfor det er ikke fullførte aktiviteter, for så å gjøre tiltak. Prosjekteringsledelsen kan velge å operere med flere kategorier, blant annet:

- Mangler underlag
- Mangler beslutning
- Mangler ressurser
- Oversett avhengighet
- Endring/tilleggsarbeid
- Feil/omarbeid
- Feil vurdert omfang
- Sykdom

Gjennom rotårsaksanalysen vil prosjekteringsledelsen kunne kartlegge antall ganger en aktør ikke leverer det de skal og type kategori rotårsaker for hver aktør. Slik kan prosjekteringsledelsen få innsikt og kunnskap om utfordringer de ulike aktørers prestasjon og utfordringer. Dette må brukes i arbeidet med å kontinuerlig forbedre prosesser gjennom PDSA-metoden.

Flere informanter påpeker at hele prosjekteringsgruppen har nytte av PPU og rotårsaker, da målingene blant annet bidrar til økt troverdighet innad i prosjekteringsgruppen. Ved å vise at aktørene leverer det de har lovet å levere, vil aktørene få økt troverdighet til hverandre. PPU og rotårsaker vil dessuten skape en form for bevisstgjøring hos aktører. En annen fordel med PPU og rotårsaker er at det fremprovoserer effektivitet i møtene ved å synliggjøre hvilke agendamål som ikke oppnås.

Selv om PPU er et nyttig mål på prestasjon, sier det lite om leveransetakt, hvor mange oppgaver man har de nærmeste ukene, hvor godt de planlagte aktivitetene var planlagt, eller konsekvensene av at en oppgave ikke er utført i tide. PPU forteller kun noe om prosjekteringsgruppen klarte å levere det de lovet å levere. PPU sier heller ingenting om kvaliteten på prosjekteringsarbeidet og tegningsunderlaget.

TA og TMR

Både TA og TMR henger tett sammen med PPU. Disse målingene tvinger prosjekteringsgruppen til å rette blikket fremover, og bidrar til fornuftig diskusjon og bedre innsikt rundt utviklingsplanleggingen. TA er prosentandelen av neste ukes planlagte oppgaver som det allerede var planlagt for i forrige ukes utviklingsplan, mens TMR er prosentandelen av de planlagte oppgavene som er klare for neste uke (Belsvik, 2019). TMR er spesielt veldig nyttig fordi det viser om man har alle forutsetningene på plass for å gjøre en arbeidsoppgave. Disse målingene er viktige for å kunne si noe om hvor bra utviklingsplanleggingen i prosjekteringsfasen er. Fordelen med TA og TMR er at de tvinger aktørene til å forutse sine behov og avhengigheter minimum en uke i forkant.

Dette kan være med på å hjelpe aktørene å få større forståelse for andres behov og avhengigheter mellom fagdisiplinene, noe som blir omtalt som en stor utfordring i prosjekteringsfasen.

I dag er det nesten ingen som måler TA og TMR i HENT sine prosjekter, og de fleste informantene visste ikke noe om disse målingene. Det kan være fordi det fokuseres ofte utelukkende på PPU og rotårsaksanalyser under opplæring i Lean og VDC-rammeverket. TA og TMR er enkle målinger å sette opp, men det er en fordel dersom disse målingene kan gjennomføres automatisk. TA og TMR vil bidra til at prosjekteringsgruppen planlegger og styrer arbeidet med utkviksplanlegging bedre. Disse målingene vil sikre god prosjekteringsplanlegging og øke påliteligheten til leveransene. Dessuten vil målingene hjelpe prosjekteringsledelsen i å være proaktiv og justere planer tidlig nok slik at det ikke er behov for «brannslukking». På denne måten kan man eliminere utfordringen med forsinkede prosjekteringsleveranser.

Responstregghet

Flere av informantene mener at det kan til tider være vanskelig å få respons på sine henvendelser. Responstregghet er i litteraturen foreslått som en nyttig måling for å løse utfordringen knyttet til kommunikasjon. Responstregghet måler tiden det tar fra et spørsmål eller et behov blir kommunisert til det besvares. Det er en fin måte å visualisere hvor lenge en aktør faktisk venter på tilbakemeldinger. Ved å sette et mål eller et krav om en maksimal responstid i prosjektet, vil man ha noe å måle responstiden opp mot. På denne måten må alle aktører forholde seg til denne responstiden, og kommunikasjonen kan foregå mer effektivt.

Selv om responstregghet er en måling som tidlig ble anbefalt, benyttes den i liten grad i prosjekteringsprosessen. Dette er fordi denne målingen ikke tar for seg hvor stor, vanskelig eller tidkrevende henvendelsen som blir etterspurt er. Flere informanter mener også at denne målingen er for tidkrevende å måle til at det skal brukes for kontinuerlig forbedring av prosjekteringsprosessen. Responstregghet ville ha vært en nyttig måling for å redusere ventetiden på tilbakemeldinger, dersom det kunne ha blitt målt automatisk. Flere informanter påstår at BCF, som gjør det mulig å kommunisere og samhandle direkte i BIM-modellen, vil være svært nyttig for å forbedre kommunikasjonen innad prosjekteringsgruppen. Det vil øke presisjonen og sporbarheten i samtale.

Beslutningstregghet

Beslutningstregghet beskriver hvor lang tid som går fra det bes om en beslutning på en sak, til den aktuelle aktøren tar en beslutning. Denne målingen er foreslått for å få aktører til å forplikte seg til å ta beslutninger, og synliggjør viktigheten av å ta beslutninger til riktig tid. Denne målingen fører til reduksjon i beslutningstreggheten og legger grunnlaget for en effektiv prosjektgjennomføring.

Møteevaluering og møtedeltakelse

Åpenhet og transparens i prosesser og mellom aktører er viktige verdier i Lean og VDC (Ballard, 2000; Khanzode et al., 2006). For å kunne bekjempe utfordringen med dårlig forberedelse til prosjekteringsmøter, er det hensiktsmessig å synliggjøre aktørenes forberedelse til møtene. Evaluering av møter er en enkel måling som gjennomføres på hver ICE-møte. Tanken bak denne målingen er at de prosjekterende vil i større grad holde hverandre ansvarlig for et vellykket

prosjekteringsmøte, dersom de må evaluere egen og andres forberedelser til møtet. Transparens om aktørenes møteprestasjon vil føre til et ønske om å forbedre egen praksis for et godt gjennomført prosjekteringsmøte.

Det er også flere kontrollerbare prosjektfaktorer som bør måles for å sikre at prosjekteringsledelsen har gjort alt de kan for at de prosjekterende kan møte opp forberedt til ICE-møtet. Først og fremst må det måles om prosjekteringslederen har laget en klar, tydelig og detaljert møteagenda (Fosse et al., 2017). Forslag til informasjon som kan være på møteagenda er:

- Tidspunkt
- Sted
- Møtedeltakere
- Forberedelser til møtet
- Formålet med møtet
- Saker som skal gjennomgås og beslutninger som skal tas
- Forventet resultat

En annen kontrollerbar prosjektfaktor går ut på om møteagenda og møteinnkalling er utsendt et bestemt antall dager før ICE-møtet. Dersom prosjekteringsaktørene vet hva som skal gjennomgås på møtet og hva som er forventet forberedelse til møtet, vil de i større grad kunne møte forventningene som er rettet mot dem. Dette bekreftes av Knotten og Svalestuen (2014) sin studie som avdekket tett sammenheng mellom godt planlagt møteagenda og en høyere PPU-verdi for de planlagte oppgaver i ICE-møter. Ved at møteagenda legger føringer for møteforberedelse, vil aktørene få mulighet til å tenke gjennom egne behov og kunne tydeliggjøre det under prosjekteringsmøter. I tillegg er disse målingene viktig for å kunne løse utfordringen med at prosjekteringsmøter blir brukt til å diskutere problemer, og ikke løse dem.

Resultatene indikerer at et av de viktigste fordelene med prestasjonsmålinger er at de vil bidra til en kulturendring hvor prosjekteringsdeltakere blir bevisst på hvordan egne handlinger og prestasjon påvirker prosjektet. Flere informanter påpeker at hele prosjekteringsgruppen har nytte av målinger, da målinger bidrar til økt troverdighet og ansvarliggjøring innad prosjekteringsgruppen. Dermed har prosjekteringslederen store muligheter til å øke prestasjonen til prosjekteringsgruppen gjennom disse målingene.

Målinger knyttet til BIM

Ifølge informantene er det vanskelig å måle kvaliteten av prosjekteringsarbeider. Likevel mener informantene at kontroller og målinger utført i BIM-modellen vil bidra til å løse denne utfordringen. Dette henger sammen med at BIM er en digital og virtuell fremstilling av en bygning, inkludert byggets fysiske og funksjonelle karakteristikker (Smith, 2007, referert i Fosse,(2017)). Bruk av BIM i ICE-møter forenkler koordineringen av prosjekteringsarbeid, da alle aktører får en nøyaktig visualisering av bygningen (Østby-Deglum et al., 2013). Dessuten bidrar BIM til bedre samhandling, økt effektivitet og redusert byggetid og feil i prosjektering (Fløisbonn et al., 2018; Knotten & Svalestuen, 2014; Rischmoller et al., 2018).

For å kunne sikre kvalitet ved prosjekteringsarbeider, er det også viktig at bedriften har gode systemer som kan ivareta kvalitet. HENT sin møtestruktur, møterekka 10-8-7-6-3-1 forklart i kapittel 4.2.2, har standardisert en rekke med møter som skal sikre at komplett og feilfritt arbeidsunderlag for en fase skal leveres til de utførende senest seks uker før oppstart av byggingen. Møterekka legger til rette for at arbeidsunderlaget og andre leveranser fra

prosjekteringsprosessen skal være verifisert i henhold til byggeplassens behov, slik at de involverte aktørene på byggeplass skal være forberedt til å bygge underlaget. Møtene tar for seg byggbarhetskontroll av tenkte løsninger og tverrfaglig kontroll gjennomført i BIM-modellen. Gjennom BIM får prosjekteringsgruppen muligheten til å prøvebygge prosjektet og gjennomføre byggbarhetskontroll av tenkte løsninger. Dette bidrar til å luke ut byggefeil på PC-en, noe som er både effektivt og kostnadsbesparende. Anbefalte målinger knyttet til BIM er presentert i følgende avsnitt.

Kollisjoner identifisert med 3D-modell

Informantene påstår at kollisjonskontroller er en svært effektiv måte å oppdage problemområder og feil i prosjektering på. Resultatene indikerer at kollisjonskontroller med jevne mellomrom fører til at koordineringsfeil og geometriske feil kan unngås. Det kan være opptil flere hundre kollisjoner i tidligfase av prosjekteringen. For å sikre kvalitet på tegningsunderlaget, er det viktig at BIM-modellen inneholder færre feil utover i prosjekteringsprosessen. Resultatene av kollisjonsmålingene bør vise en negativ trend utover prosjektet og BIM-modellen bør ha null feil ved oppstart av byggefasen for et geografisk kontrollområde. Kollisjonskontroller er en kvantitativ måling som er både enkel å gjennomføre og visualisere. Kollisjonskontroller kan møte utfordringer med looper i prosjektering og bidra til at mengde omarbeid blir redusert. BIM-koordinatorer passer på kontrollerbare faktorer som hyppighet av kollisjonskontroll og hvor ofte fagmodeller sammenstilles, slik at de hele tiden har kontroll på underlag som er under arbeid.

Antall konflikter i BIM ved hvert modenhetsnivå

Informantene er positive til at MMI kan bidra til å måle kvalitet i prosjekteringsarbeider. Ved å ta bruk MMI kan man gjøre målinger av BIM-modellens modenhet i forhold til planen. I dag er ikke bruken av MMI utbredt i HENT. For det første finnes det ikke en standard på hvordan modenhetsnivåer skal forstås og brukes. For det andre vil det å planlegge prosjekteringsleveranser ved bruk av modenhetsnivåer kreve en bred forståelse for prosjekteringsarbeidet og modenhetsaktiviteter mellom de ulike fagdisiplinene. Videre har MMI begrenset verdi dersom det ikke brukes av alle prosjekterende.

Resultatene tyder på BIM og MMI vil hjelpe prosjekteringsledelsen til å styre prosjekteringsforløpet på en god måte, noe som også er hevdet av Fløisbonn et al. (2018). Antall konflikter i BIM ved hvert modenhetsnivå er anbefalt i litteraturen. MMI-målinger vil bidra til å løse utfordringen med kommunikasjon. Felles språk og felles forståelse for de ulike status-kodene vil bidra til å styrke det tverrfaglige samarbeidet mellom aktørene (Fløisbonn et al., 2018). Denne målingen vil synliggjøre viktigheten av å prosjektere i riktig rekkefølge. Dessuten vil MMI-målingene kunne møte utfordringen med looper i prosjektering og prosjekteringsforsinkelser, ved at det gjennomføres kollisjonskontroller før hvert modenhetsnivå. Telling av antall konflikter samt å finne trender for konflikter per aktør er enkle målinger som bør gjennomføres ved hvert modenhetsnivå.

Tverrfaglig kontroll

Ved å sikre at BIM-modellen er tverrfaglig kontrollert ved hvert modenhetsnivå, kan man sikre at alle løsninger er faglig sikret og er av god kvalitet. På denne måten kan man møte utfordringen med looper i prosjektering og redusere sannsynligheten for prosjekteringsleveranseforsinkelser. Hvorvidt BIM-modellen er tverrfaglig kontrollert er et ja/nei-spørsmål. Det er mer lønnsomt å luke

ut feil på BIM-modellen, enn å oppdage det under byggefasen. For å få gjennomført en god tverrfaglig kontroll, bør aktørene ha god forståelse for andre fagdisipliners behov og avhengigheter.

Mengden endringer/omarbeid i prosjekteringsfasen

Mengde endringer/omarbeid i prosjekteringen er en måling som gir innsikt i konsekvensen av en prosjekteringsloop (Belsvik et al., 2019). Den kan enten være en måling av antall ganger noe endres eller tiden brukt på et omarbeid. Informantene er usikker på hvordan man i virkeligheten kan måle omarbeid i en dynamisk utviklingsprosess. Antall endringer er sannsynligvis enklere å måle enn tidsbruk, da det kan være vanskelig for prosjekteringsledelsen å finne ut hvor mange timer hver fagdisiplin brukte på et bestemt omarbeid. Likevel er måling av tidsbruk svært viktig, da det sier mye om størrelsesordenen og den faktiske konsekvensen av en loop.

Både antall omprosjekteringer og mengde omarbeid per fag, som måles i timer, bør måles for å synliggjøre konsekvensene av looper i prosjekteringen. Mengde omarbeid er en kvantitativ måling som enkelt kan visualiseres. Det vil bli mulig å sammenligne mengden endringer for hver aktør. Prosjekteringsledelsen vil kunne oppdage hva eller hvem som er ansvarlig for at en loop oppsto i første omgang, dersom denne målingen benyttes sammen med rotårsaksanalyse. Samtidig kan denne målingen møte utfordringen med lav byggbarhet, ved at man måler prosjekteringsavvik.

RFI

RFI-er, som er forespørsel om informasjon fra byggeplassen til prosjekteringsgruppen, er en måling som er anbefalt i litteraturen. Ved å telle hvor mange RFI-er som mottas, kan prosjekteringsledelsen finne ut hvilket område i tegningsunderlaget som er problemet og hvilke aktører er ansvarlig for behovet om mer informasjon. Bruken av BIM til å vurdere alternative løsninger og diverse målinger knyttet til BIM-modellen fører allerede til færre RFI-er fra byggeplassen. Ved å måle RFI vil de prosjekterende bli mer bevisst på de utførende sitt behov og avhengighetene mellom fagdisiplinene.

Oppsummering

I dette kapittelet er det totalt anbefalt tretten målinger for å møte utfordringene i prosjekteringsprosessen. Disse målingene bidrar til god prosjekteringsplanlegging og -oppfølging, kommunikasjon på tvers av fagfelt og samhandling mellom aktører.

Resultatene viser at ICE-møter er den viktigste arenaen for å opprettholde kontroll på prosjekteringen. ICE-møtemetodikk og BIM resulterer i økt samhandling og forbedret kommunikasjon. Ved LPS som arbeidsmetodikk lages det bedre og mer realistiske planer med god arbeidsflyt. Resultatene indikerer at ICE- og PPM-målinger fører til større fokus på å gjennomføre møter med riktig innhold og tidsbruk. Dersom det brukes god tid på å forberede og planlegge ICE-møtene sammen med prosjekteringsdeltakere, vil man få mer strukturerte og effektive møter. Dessuten vil ukentlige avstemninger sammen med prosjekteringsgruppen gjøre prosessen transparent, og dette bidrar til at alle aktører er oppdatert på hverandre sitt arbeid. BIM legger til rette for visualisering av ulike alternative løsninger, kollisjonskontroller, MMI-målinger og tverrfaglig modellkontroll. BIM-målinger sikrer at tegningsunderlaget er av god kvalitet.

Alle målingene øker tverrfaglig læring og forståelse i prosjekteringsgruppen. Dessuten bidrar målinger til forutsigbarhet i prosjektene, noe som er svært viktig. Målinger har stor betydning for prosjekteringsdeltakere i form av bevisstgjøring, da de tidligere ikke har vært bevisst på egen prestasjon og påvirkningsmuligheter på andre prosjekteringsdeltakere. Ved å bevisstgjøre aktørene på egen prestasjon, er tanken at det vil føre til motivasjon for å prestere bedre. I tillegg vil målinger føre til ansvarliggjøring av aktørene, og synliggjøre forbedringspotensialet i prosjekteringen.

6 Konklusjon

Denne masteroppgaven har som formål å undersøke hvordan målinger kan bidra til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen. Dessuten er det satt et delmål om å anbefale målinger som kan føre til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen. Dette kapittelet presenterer en konklusjon av denne masteroppgaven i form av en besvarelse av oppgavens problemstilling. Til slutt redegjøres det for ulike momenter som kan være spennende for videre arbeid og forskning.

Hvordan kan målinger bidra til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen?

VDC er et rammeverk som skal tilrettelegge for optimal tverrfaglig samhandling og kommunikasjon mellom prosjektets aktører og interessenter. VDC-rammeverket består av fem hovedelementer: Kundemålsetting og prosjektmål, BIM+, prosess- og produksjonsledelse (PPM), samprosjektering (ICE) og målinger. Lean-tankegangens prinsipp om kontinuerlig forbedring og læring av feil er sentralt i VDC-rammeverket. Kontinuerlig forbedring handler om å øke verdi for kunden ved å eliminere unødvendig bruk av ressurser. VDC sikter på å oppnå kunde- og prosjektmålene på best mulig måte, samtidig som det retter søkelyset på å redusere sløsing i prosjekteringsprosessen. Lean-tankegangen baserer seg på å hele tiden jobbe mot å oppnå forbedringer ved å fokusere på små endringer som fører til kontinuerlige forbedringer. Byggeprosessen optimaliseres ved hjelp av verktøy og metoder for planlegging, styring og kontroll. Videre beskriver VDC en arbeidskultur hvor åpenhet, pålitelighet og forutsigbarhet står sentralt.

Oppgaven har avdekket at målinger er det mest oversette og minst prioriterte VDC-elementet. Samtidig er målinger et viktig virkemiddel for å effektivisere og øke kontrollen i prosjekteringsfasen. Ut ifra resultatene er det åpenbart at forbedring i prosjekter er nært knyttet til aktiv ledelse og kontroll. God prosjektstyring krever at prosjekteringslederen har kontroll og oversikt over de ulike prosessene i prosjekteringsfasen. Jo bedre kontroll og oversikt man har, desto raskere vil man oppdage avvik. Dette er viktig for å kunne gjøre endringer på ineffektive prosesser underveis. Målinger gir prosjekteringslederen muligheten til å forhindre avvik og feil ved å være proaktiv. Dessuten bidrar målinger til å identifisere årsaker til feil og mangler, slik at prosjekteringsgruppen kan lære av disse feilene. Gjennom kontinuerlige målinger kan prosjekteringslederen fange opp trender i prosjekteringsprosessen og være i stand til å tilpasse produkt, organisasjon og prosess for å oppnå kunde- og prosjektmålene.

Målinger må i større grad integreres i prosjekteringsprosessen, slik at man kan kontrollere og vurdere både prosessene og prosjektresultatene. Det er kritisk at hensikten med målinger blir kommunisert med prosjekteringsgruppen. Hensikten er å oppdage flaskehals, stimulere til pålitelighet, finne svikt i flyten og eliminere årsaken til den identifiserte svikten. Gjennom målinger er det altså enklere å oppdage hvor ressurser sløses. Ved å måle kan man oppdage trender eller problemer raskere, og dermed bestemme hvilke korrigerende og forbedrende tiltak som skal settes i gang.

Oppgaven har vist at det er store utfordringer knyttet til målinger, spesielt fordi målinger oppleves som ressurskrevende. Sammen med manglende kunnskap og forståelse for VDC-rammeverket, er knapphet på tid og manglende digitale verktøy et av de største hindrene for å gjennomføre målinger kontinuerlig. Med bakgrunn i intervjuene kan det konkluderes med at målinger må bli automatisert i størst mulig grad. I tillegg til tidsbesparelse vil digitale verktøy kunne bidra til at

målinger utføres mer korrekt og med mindre sannsynlighet for å bli nedprioritert. Dessuten vil måleresultatene kunne rapporteres, spores og deles i tilnærmet sanntid.

Målinger satt i system gjennom Demings PDSA-sirkel (Plan, Do, Check, Act) er en god måte å drive systematisk forbedringsarbeid på. PDSA både en metode og et verktøy til å strukturere arbeidet med målinger i VDC-rammeverket. Den presenterer en iterativ metode for kontinuerlig forbedring som systematiserer prosessen for å forbedre en aktivitet, opprette kvalitet eller løse et problem. Prosessen er oppdelt i fire faser, og disse er: Planlegge, teste ut, evaluere og implementere. I planleggingsfasen kartlegger man dagens behov og praksis for å komme med forslag til endringer og forbedringstiltak. Å teste ut innebærer å gjennomføre målinger og samle erfaringer om løsningene fungerer slik som det skal. Å evaluere handler om å evaluere resultatene og finne ut om løsningene fungerer som forventet. I implementeringsfasen standardiserer man forbedringstiltakene, dersom uttesting viser seg å være en suksess. Deretter fortsetter man på sirkelens planleggingsfase igjen. På denne måten gjentar man PDSA-sirkelen for å kunne skape kontinuerlige forbedringer. PDSA-metoden fokuserer på både kortsiktige og langsiktige forbedringer. Tanken er at mange små endringer vil gi store forbedringer over tid. Målinger og PDSA-metoden bidrar til en konstant læreprosess, og gjennom dette vil bedrifter være i stand til å videreføre gode praksiser.

Basert på funnene er det foreslått tretten målinger som kan imøtekomme noen av hovedutfordringene i prosjekteringsprosessen. Alle målingene er like viktige, da de tar for seg ulike aspekter av prosjekteringen. Disse er presentert i Tabell 13, og er diskutert i kapittel 5.3. Det er spesielt anbefalt å måle TA og TMR sammen med PPU og rotårsaker. Respons- og beslutningstregghet, møteevaluering, møtedeltakelse og mengde endringer/omarbeid per fagdisiplin bør vektlegges fremover. Dessuten bør man i større grad fokusere på BIM-målinger, da de er med på sikre tegningsunderlagets kvalitet.

Tabell 13: Anbefalte målinger for å løse sentrale utfordringer i prosjekteringsprosessen

#	Anbefalte målinger	Benevning
1	PPU	[%]
2	Rotårsaker	[#]
3	TA	[%]
4	TMR	[%]
5	Responstregghet	[timer]
6	Beslutningstregghet	[timer]
7	Møteevaluering	[skala 1-6]
8	Møtedeltakelse	[%]
9	Kollisjoner identifisert med 3D-modell	[#]
10	Antall konflikter i BIM ved hvert modenhetsnivå	[#]
11	Tverrfaglig kontroll	[ja/nei]
12	Mengde endringer/omarbeid per fagdisiplin	[#] og [timer]
13	RFI	[#]

Alle prosjekter er unike, og målinger er noe som må tilpasses det enkelte prosjektet. For å kunne evaluere et prosjekts sanne prestasjon, bør man måle flere parametere. De valgte målingene bør derfor bestå av flere kontrollerbare prosjektfaktorer og produksjonsmålinger basert på prosjektets behov. For å lykkes med målinger er det viktig at målingene er spesifikke og målbare. Dessuten

er det viktig at målingene aksepteres av flest mulig og at målingene knyttes opp mot kunde- og prosjektmålene. Kontinuitet i målingene er også avgjørende for å kunne realisere gevinstene av målingene. Videre må resultatene fra målingene tas opp i prosjekteringsmøter og brukes som et utgangspunkt for samtaler om prestasjonen, slik at man kan løse eventuelle utfordringer i fellesskap.

Videre arbeider

Mange interessante temaer er blitt tatt opp i denne oppgaven og flere av disse er egnet for videre forskning.

De empiriske resultatene i masteroppgaven er hovedsak innhentet ved å intervjuere flere prosjekteringsledere og BIM-koordinatører som jobber hos én norsk entreprenør. Selv om det er kun erfaringer hos HENT AS som er studert, vil resultatene trolig være overførbare til andre entreprenører som implementerer VDC-rammeverket på sine prosjekter. Dette er antatt fordi informantene har bred erfaring fra byggebransjen og viser stor evne til å sette egen praksis i perspektiv. I tillegg har forfatteren gjennom litteraturstudiet fått innblikk i hvordan andre norske entreprenører har implementert VDC-rammeverket. Foreslåtte målinger kan dermed sies å være generaliserte og aktuelle for flere entreprenører som opplever de samme utfordringene.

Det er likevel behov for å undersøke målinger fra perspektivet til andre aktører i prosjekteringsprosessen, slik som byggherren og rådgivere. Det finnes lite forskning på hvordan VDC-metodikk er anvendt i prosjekteringsfasen påvirker produksjonsfasen. Fremtidig forskning og testing av målingene er nødvendig for å evaluere effektene av målinger på byggeprosessen. Det vil det være nyttig å studere flere byggeprosjekter for å undersøke om målinger faktisk bidrar til motivasjon blant aktører, og om det finnes noen negative konsekvenser som ikke er forutsett. Det vil være interessant å få oversikt over hvilke målinger som gjennomføres i norske byggeprosjekter. Dette kan avdekke om det er noen korrelasjoner mellom entreprisform, prosjekttype og/eller kunde- og prosjektmål. En måte å gjøre dette på vil være gjennom spørreundersøkelse av alle tidligere VDC-sertifiseringskursdeltakere.

Under koronapandemien ble hjemmekontor en virkelighet og derfor måtte ICE-møter gjennomføres digitalt. Det vil være spennende å undersøke hvordan digitale møter har påvirket opplevelsen av kontroll, og hva slags rolle målinger har hatt under de digitale prosjekteringsmøtene. Videre viser denne oppgaven at det er mangel på gode digitale prosjektstyringsverktøy som gjennomfører målinger automatisk. Det er generelt lav bevissthet rundt mulighetene med automatisering i prosjekteringsprosessen. Derfor kan det forskes på hvordan man kan integrere målinger i allerede eksisterende programvarer, eventuelt om noen programvarer er mer egnet enn andre.

Funnene i oppgaven peker på at MMI som planleggingsverktøy er nyttig. MMI har stor potensiale til å bidra til å kvalitetssikre prosjekteringsarbeidet, og dermed bidra til å optimalisere bruken av BIM i prosjekteringsprosessen. Derfor vil det være interessant å forske på hvordan MMI kan anvendes i byggeprosjekter, spesielt i prosjekteringsfasen.

Det er viktig at bedrifter standardiserer en rekke målinger slik at prosjektene kan sammenlignes med hverandre. Disse målingene bør være målinger utover indikatorer knyttet til tid, kostnad og kvalitet. Det er behov for å undersøke hvordan bedrifter kan systematisere og standardisere bruken av målinger i prosjektene. På denne måten vil det være mindre forvirring rundt hva målinger skal kommunisere, samtidig som bedriftene etter hvert får et stort datasett som kan analyseres.

Referanseliste

- Ahmad, S., Mazhar, M. U., Laedre, O., Bruland, A., & Torp, O. (2019). Improvement measures to achieve sustainable construction labour performance. *International Journal of Construction Management*, 1–18.
<https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1613205>
- Ahmad, S., Svalestuen, F., Andersen, B., & Torp, O. (2016). A Review of Performance Measurement for Successful Concurrent Construction. *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 226, 447–454.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.210>
- Andersen, B. (2020). Prestasjonsmåling – prosjektleidelse. I *Store norske leksikon*.
http://snl.no/prestasjonsm%C3%A5ling_-_prosjektleidelse (Hentet: 23.02.2021)
- Andersen, B., & Fagerhaug, T. (2002). *Performance measurement explained: Designing and implementing your state-of-the-art system*. ASQ Quality Press.
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32.
<https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control* [Ph.D., University of Birmingham]. <https://etheses.bham.ac.uk//id/eprint/4789/>
- Ballard, G. (2008). The Lean Project Delivery System: An Update. *Lean Construction Journal*.
https://www.leanconstruction.org/media/library/id53/The_Lean_Project_Delivery_System_An_Update.pdf
- Ballard, G., Koskela, L., Howell, G., & Zabelle, T. (2001). *Production System Design in Construction*. 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/130>
- Bartolomei, R. T. (2019). Byggebransjen kan kutte kostnader med 20 prosent innen 2021. *Fremtidens Byggenæring*. <https://www.fremtidensbygg.no/byggebransjen-kan-kutte-kostnader-med-20-prosent-innen-2021/> (Hentet: 06.03.2021)
- Bassioni, H. A., Price, A. D. F., & Hassan, T. M. (2004). Performance Measurement in Construction. *Journal of Management in Engineering*, 20(2), 42–50.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2004\)20:2\(42\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2004)20:2(42))
- Beatham, S., Anumba, C., Thorpe, T., & Hedges, I. (2004). KPIs: A critical appraisal of their use in construction. *Benchmarking: An International Journal*, 11(1), 93–117.
<https://doi.org/10.1108/14635770410520320>
- Befring, E. (2015). *Forskningsmetoder i utdanningsvitenskap* (1. utg.). Cappelen Damm Akademisk.
- Belsvik, M. R. (2019). *Målinger i VDC-prosjekter* [Masteroppgave, NTNU].
<http://hdl.handle.net/11250/2624303>
- Belsvik, M. R., Lædre, O., & Hjelseth, E. (2019). *Metrics in VDC Projects*. 1129–1140.
<https://iglc.net/Papers/Details/1749>
- buildingSMART. (2014). *Datamodell*. <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell> (Hentet: 07.11.2020)
- buildingSMART. (2019). *Hva er åpenBIM?* <https://buildingsmart.no/hva-er-%C3%A5penbim> (Hentet: 07.11.2020)
- Busch, T. (2013). *Akademisk skriving for bachelor- og masterstudenter*. Fagbokforlaget.
- Chachere, J., Kunz, J., & Levitt, R. (2009). *The Role of Reduced Latency in Integrated Concurrent Engineering* (Nummer WP116) [Working paper]. CIFE - Stanford

- University. <https://cife.stanford.edu/role-reduced-latency-integrated-concurrent-engineering>
- Chan, A., & Chan, A. (2004). Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*, 11. <https://doi.org/10.1108/14635770410532624>
- Chen, P.-H., Cui, L., Wan, C., Yang, Q., Ting, S. K., & Tiong, R. L. (2005). Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers. *Automation in Construction*, 14(1), 115–128. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.08.013>
- Dahlgaard, J. J., Khanji, G. K., & Kristensen, K. (1997). *Fundamentals of Total Quality Management*. Routledge.
- Dalland, O. (2012). *Metode og oppgaveskriving for studenter* (5.utg.). Gyldendal Akademisk.
- Eikeland, P. T. (2001). *Teoretisk analyse av byggeprosesser* [Arbeidsrapport]. Samspillet i Byggeprosessen. <http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/362/samspillet-i-byggeprosessen-eikeland.pdf>
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2013). *Managing for Quality and Performance Excellence* (9. utg.). Cengage Learning.
- Everett, E. L., & Furseth, I. (2012). *Masteroppgaven: Hvordan begynne—Og fullføre* (2. utg.). Universitetsforlaget.
- Fagerhaug, T., & Olsson, N. (2005). *PEMRO Arbeidspakke 1.2. State og the art innenfor prestasjonsmåling*. SINTEF. <https://www.sintef.no/globalassets/project/pemro/rapporter/prestasjonsmaling-pemro-ap1.2.pdf/>
- Fischer, M. (2011). *Virtual Design and Construction*. <http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/358/vdcfischervdc-1-.pdf>
- Fischer, M. (2019). *VDC Metrics*. VDC Certificate Program 2019 Norway.
- Fischer, M., Ashcraft, H. W., Reed, D., & Khanzode, A. (2017). *Integrating Project Delivery* (1. utg.). John Wiley & Sons, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ntnu/detail.action?docID=4816364>
- Fløisbonn, H., Skeie, G., Uppstad, B., Markussen, B., & Sunesen, S. (2018). *MMI - Modell Modenhets Indeks* [Veileder]. RIF. <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/11/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf>
- Forbes, L. H., & Ahmed, S. M. (2011). *Modern construction: Lean project delivery and integrated practices* (1. utg.). CRC Press.
- Fosse, R., Ballard, G., & Fischer, M. (2017). *Virtual Design and Construction: Aligning BIM and Lean in Practice*. 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Heraklion, Hellas. <https://iglc.net/Papers/Details/1415>
- Frøystad, K. (2014). *Teamledelse i prosjektering: Hva kjennetegner et høytytende prosjekteringsteam?* [Masteroppgave, NTNU]. <http://hdl.handle.net/11250/232979>
- Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Fagbokforl.
- Hamzeh, F. R., & Aridi, O. Z. (2013). *Modeling the Last Planner System Metrics: A Case Study of an Aec Company*. 599–608. <https://www.iglc.net/Papers/Details/907>
- Hamzeh, F. R., Ballard, G., & Tommelein, I. D. (2009). *Is the Last Planner System Applicable to Design? A Case Study*. 165–176. <https://www.iglc.net/Papers/Details/644>
- Hansen, G. K. (2019). *Samspillet i byggeprosessen* (1. utg.). Fagbokforlaget.
- Haponava, T., & Al-Jibouri, S. (2012). Proposed System for Measuring Project Performance Using Process-Based Key Performance Indicators. *Journal of*

- Management in Engineering*, 28(2), 140–149.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000078](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000078)
- HENT AS. (2020). *Veileder—Trimmet gjennomføring*. HENT AS.
- Hussein, B. A. (2016). *Veien til suksess: Fortellinger og refleksjoner fra reelle prosjektcaser* (1.utg.). Fagbokforlaget.
- Kalsaas, B. T. (Red.). (2017). *Lean construction: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Fagbokforl.
- Khanzode, A. (2010). *An Integrated, Virtual Design and Construction and Lean (IVL) Method for Coordination of MEP* [Teknisk rapport]. CIFE - Stanford University.
<https://cife.stanford.edu/integrated-virtual-design-and-construction-and-lean-ivl-method-coordination-mep>
- Khanzode, A., Fischer, M., Reed, D., & Ballard, G. (2006). *A Guide to Applying the Principles of Virtual Design and Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process* [Working paper]. CIFE - Stanford University.
<https://cife.stanford.edu/guide-applying-principles-virtual-design-and-construction-vdc-lean-project-delivery-process>
- Knotten, V. (2018). *Building design management in the early stages* [Ph.D., NTNU].
<https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2486003>
- Knotten, V., Lædre, O., & Hansen, G. K. (2017). Building design management – key success factors. *Architectural Engineering and Design Management*, 13(6), 479–493. <https://doi.org/10.1080/17452007.2017.1345718>
- Knotten, V., & Svalestuen, F. (2014). *Implementing Virtual Design and Construction (VDC) in Veidekke—Using simple metrics to improve the design management process*. 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Oslo, Norge. <https://iglc.net/papers/Details/1024>
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* [Teknisk rapport]. CIFE - Stanford University.
<https://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>
- Koskela, L. (2000). *An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction* [Ph.D., Helsinki University of Technology].
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P408.pdf>
- Koskela, L. (2004). *Making-Do—The Eighth Category Of Waste*. 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Helsingør, Denmark.
<https://iglc.net/Papers/Details/1157>
- Koskela, L., Ballard, G., Howell, G., & Tommelein, I. (2002). The foundations of lean construction. *Design and Construction: Building in Value*.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2012). *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions* [Working paper]. CIFE - Stanford University.
<https://cife.stanford.edu/virtual-design-and-construction-themes-case-studies-and-implementation-suggestions>
- Kunz, J., & Fischer, M. (2020). Virtual design and construction. *Construction Management and Economics*, 38(4), 355–363.
<https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1714068>
- Landet, R. R., Langlo, Jan Alexander, Bakken, S., Karud, O. J., Olsen, A. S., & Hajikazemi, S. (2017). *Prestasjonsmåling i norsk BAE-næring*. BNL.
https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/2017-11-09-sluttrapport-maleprosjektet---prestasjonsmaling-i-norsk-bae-naring_endelig.pdf
- LCI. (2016). *Lean Project Delivery Glossary*. www.leanconstruction.org.
https://www.leanconstruction.org/wp-content/uploads/2016/04/LCI_Glossary09192016.pdf (Hentet: 04.11.2020)

- Mandujano, M., Alarcon, L., Kunz, J., & Mourgues, C. (2016). Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature. *Revista de la construcción*, 15, 107–118. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2016000300011>
- Mandujano, M. G., Alarcón, L. F., Kunz, J., & Mourgues, C. (2015). *Use of Virtual Design and Construction, and Its Inefficiencies, From a Lean Thinking Perspective*. 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Perth, Australia. <https://iglc.net/Papers/Details/1234>
- Meland, Ø. H. (2000). *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko* [Ph.D., NTNU]. <http://hdl.handle.net/11250/231254>
- Naborczyk, K. (2021). *Metrics in VDC, or how do you improve performance?* Bimcorner.Com. <https://bimcorner.com/metrics-in-vdc-or-how-do-you-improve-performance-part-1/> (Hentet: 22.06.2021)
- Nordic 10-10. (u.å.). *Verktøyet CII 10-10 – Nordic 10-10*. Nordic10-10.org. Hentet 24. februar 2021, fra <https://nordic10-10.org/verktoyet-cii-10-10/>
- nti.biz. (u.å.). *Hvorfor «BIM Collaboration Format» (BCF)—Direkte kommunikasjon minimerer rommet for misforståelser*. nti.biz. Hentet 10. juni 2021, fra <https://www.nti.biz/no/blogg2/no/2018/hvorfor-bim-collaboration-format-bcf/>
- NTNU. (2021). *VDC-Certificate Program Norge, NTNU - Stanford Center for Professional Development*. ntnu.no. <https://www.ntnu.no/videre/gen/-/courses/nv18610> (Hentet: 25.04.2021)
- NTNU Universitetsbiblioteket. (u.å.). *Finne kilder*. Hentet 18. september 2020, fra <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder>
- NTNUbibliotek. (2017). *Kildekritikk av artikler: T-O-N-E prinsippet*. https://www.youtube.com/watch?v=rs5PFX5SIHc&ab_channel=NTNUbibliotek (Hentet: 18.09.2020)
- NYIT. (u.å.). *Continuous Program Improvement (CPI)*. New York Institute of Technology. Hentet 22. juni 2021, fra https://www.nyit.edu/planning/continuous_program_improvement
- Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs* (3rd ed.). Wiley.
- Rekola, M., Kojima, J., & Mäkeläinen, T. (2010). Towards Integrated Design and Delivery Solutions: Pinpointed Challenges of Process Change. *Architectural Engineering and Design Management*, 6(4), 264–278. <https://doi.org/10.3763/aedm.2010.IDDS4>
- Rezaei, L. (2020). *Utfordringer med dagens gjennomføring av Virtual Design and Construction (VDC) i prosjektering* [Prosjektoppgave]. NTNU.
- RIF. (2015). *Prosjekteringsledelse i bygge- og anleggsprosjekter* [Veileder]. RIF. <http://rif.no/product/8020-s-prosjekteringsledelse/>
- Rischmoller, L., Reed, D., Khanzode, A., & Fischer, M. (2018). *Integration Enabled by Virtual Design & Construction as a Lean Implementation Strategy*. 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Chennai, India. <https://www.iglc.net/papers/details/1547>
- Samset, K. F. (2014). *Prosjekt i tidligfasen: Valg av konsept* (2. utg.). Fagbokforlaget.
- Skappel, H. (2017). *KPI'er i en Lean prosjekteringsprosess* [Masteroppgave, NMBU]. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2464636>
- SNL. (2018). Benchmarking. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/benchmarking> (Hentet: 18.02.2021)
- SSB. (2018). *Produktivitetsfall i bygg og anlegg*. <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitetsfall-i-bygg-og-anlegg> (Hentet: 14.12.2020)

- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse: En innføring i kvalitativ metode* (4. utg.). Fagbokforl.
- Tiltnes, S. (2017). *Fasenormen «Neste steg»—Et felles rammeverk for norske byggeprosesser* [Veileder]. Bygg21.
<https://www.bygg21.no/resultater/fasenormen-neste-steg/>
- Tjora, A. H. (2017). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (3. utg.). Gyldendal Akademisk.
- United BIM. (u.å.). *What are BIM Dimensions—3D, 4D, 5D, 6D, and 7D BIM Explained | Definition & Benefits*. Hentet 27. november 2020, fra <https://www.united-bim.com/what-are-bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-7d-bim-explained-definition-benefits/>
- Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. *In 8th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE 2014)*, 321–330.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.709.9164&rep=rep1&type=pdf>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. Simon & Schuster.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6. utg.). SAGE.
- Østby-Deglum, E., Svalestuen, F., & Drevland, F. (2013). *TBA4127/AAR451 Prosjekteringsledelse* [Kompendium]. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for bygg, miljø og transport, NTNU.

Vedlegg

- Vedlegg A Intervjuguide – prosjektoppgave
- Vedlegg B Intervjuguide – prosjekteringsleder
- Vedlegg C Intervjuguide – BIM-koordinator
- Vedlegg D VDC Metrics

Intervjuguide

Generell informasjon

Om meg

Jeg studerer siste året på Bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim, med fordypning i prosjektledelse. Denne høsten skriver jeg prosjektoppgave i samarbeid med HENT AS i Trondheim. Prosjektoppgaven er et forstudium til masteroppgaven som skal skrives våren 2021.

Om arbeidet

Temaet for prosjektoppgaven er utfordringer med dagens gjennomføring av Virtual Design and Construction (VDC) i prosjektering. Følgende tre forskningsspørsmål er definert for å besvare problemstillingen:

1. Hva er sentrale elementer innenfor VDC?
2. Hvordan bidrar VDC-elementer til effektivitet i prosjektering?
3. Hvilke utfordringer er knyttet til implementering av VDC i prosjektering?

Praktisk informasjon

- Intervjuet vil gjennomføres som et semistrukturert intervju. Spørsmålene er veiledende for samtalen og intervjuobjektet står fritt til å ta opp andre aspekter som kan være aktuelle for oppgaven.
- Intervjuet vil bli tatt opp, med mindre du ønsker å reservere deg mot dette. Dette er for å kunne gjengi informasjonen mest mulig korrekt og unngå mistolkninger.
- Lydopptaket transkriberes snarest mulig etter intervju, og deretter vil lydopptaket slettes.
- Transkribert intervju kan ettersendes for godkjenning og eventuelle kommentarer dersom det ønskes.

Jeg setter stor pris på at du ønsker å stille til intervju! Det er bare å ta kontakt dersom noe er uklart eller du har noen spørsmål.

Med vennlig hilsen
Laleh Rezaei

Spørsmål til prosjekteringsleder

Introduksjon

1. Kan du fortelle om din bakgrunn og dine arbeidserfaringer?
2. Har du deltatt på CIFE sitt VDC-sertifiseringskurs eller annet VDC-kurs?

Generelt

1. Hva forstår du med begrepet Virtual Design and Construction?
2. Hvordan vil du beskrive prosessen rundt VDC?
 - i. Oppstart, underveis og avvikling
 - ii. Kundemål og prosjektmål
 - iii. Prosjekt og produksjonsledelse
 - iv. Ulike prosjektaktører og deres holdninger til VDC

ICE

1. Hvordan gjennomfører dere ICE-møter?
2. Hva mener du er fordeler og ulemper med ICE-møter?
3. Hvilken effekt har bruken av ICE-møter hatt for dine prosjekter?
 - i. Oversikt over eget arbeid
 - ii. Tilgang på underlag fra andre aktører
 - iii. Samarbeid
 - iv. Beslutningstaking
 - v. Tidsforbruk
 - vi. Arbeidsmengde

BIM

1. Hvordan har implementeringen av VDC påvirket bruken av BIM-modellen? Kommenter gjerne bruken av BIM på tidligere byggeprosjekter med og uten VDC som rammeverk.
2. Hvilken effekt har bruken av BIM hatt for prosjektene deres?
3. I hvilken grad føler du at prosjektene deres utnytter mulighetene ved BIM?

Målinger

1. Hvilke målinger bruker dere i prosjekteringsprosessen?
2. Hva mener du er fordeler og ulemper med målinger?
3. Hvilken effekt har bruken av målinger hatt for prosjektene deres? Har dere merket en forbedring i det dere har målt?
4. Hvilke andre målinger mener du bør innføres?

Annet

- Er det noe annet du vil legge til og snakke om?
- Kan jeg kontakte deg igjen dersom det dukker opp nye spørsmål?
- Takk for at du stilte opp!

Intervjuguide

Om meg

Mitt navn er Laleh Rezaei og jeg er masterstudent på Bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Denne våren skriver jeg masteroppgave om målinger i prosjekteringsprosessen, med et omfang på 30 studiepoeng. Masteroppgaven skrives i samarbeid med HENT AS.

Bakgrunn for intervjuet

Flere norske entreprenører har begynt å implementere Virtual Design and Construction (VDC), som er et helhetlig rammeverk for prosjektplanlegging og gjennomføring. Målinger er et sentralt aspekt ved VDC for å optimalisere og effektivisere byggeprosjekter. Dessuten er målinger et viktig virkemiddel for å evaluere prosjekters suksess og benyttes til kontinuerlig forbedring av prosjekter. Til tross for dette er målinger lite utbredt i prosjekteringsfasen av byggeprosjekter.

Denne masteroppgaven baserer seg på et forprosjekt om utfordringer med dagens gjennomføring av VDC i prosjektering som ble skrevet høsten 2020. Problemstillingen for oppgaven er: *Hvordan kan målinger bidra til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen?*

Formålet med intervjuene er å få svar på følgende forskningsspørsmål:

FS1) Hva er forutsetningene for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen?

FS2) Hva er hovedutfordringene knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen?

FS3) Hvilke utfordringer i prosjekteringsprosessen kan møtes ved å måle prosjektene?

Praktisk informasjon

- Intervjuet vil gjennomføres som et semistrukturert intervju. Spørsmålene er veiledende for samtalen og intervjuobjektet står fritt til å ta opp andre aspekter som kan være aktuelle for oppgaven.
- Intervjuet vil bli tatt opp. Dette er for å kunne gjengi informasjonen mest mulig korrekt og unngå mistolkninger.
- Lydopptaket transkriberes snarest mulig etter intervju, og deretter vil lydopptaket slettes. Transkribert intervju ettersendes for godkjenning og eventuelle kommentarer dersom det er ønskelig.

Med vennlig hilsen,
Laleh Rezaei

Intervjuspørsmål

Introduksjon

1. Kan du fortelle kort om din bakgrunn og nåværende stilling?
2. I hvilken grad har du erfaring med VDC fra tidligere prosjekter?

Prosjekteringsfasen

1. Hvilke faktorer mener du kan føre til suksess i prosjekteringsfasen?
2. Hvilke verktøy bruker dere for:
 - a. Prosjekteringsplanlegging og styring?
 - b. Å sikre god kommunikasjon og informasjonsflyt?
3. Hva er hovedutfordringene i prosjekteringsfasen?
 - a. Hvordan jobber dere med disse utfordringene?
4. Hvordan kan man etablere forutsigbarhet under prosjektering?
 - a. Hvordan kan man sikre at de prosjekterende utfører arbeid riktig den første gangen arbeidet utføres?
 - b. Hvordan kan man sikre at riktig prosjekteringsunderlag leveres til de utførende til riktig tid?

Målinger

1. Hva måler dere i tilknytning til prosjekteringsfasen?
 - a. Hvorfor måles prosessen knyttet til prosjektering?
 - b. Hva er motivasjonen for å gjennomføre målinger?
 - c. Hvordan måles prosessene?
 - d. Hvor mye tid brukes på målinger?
 - e. Hvilke aktører legger ned innsats i målingene?
2. Hva er utfordringer med å gjennomføre målinger?
3. Hvilken påvirkning har bruken av målinger hatt for prosjektene deres?
 - a. Hva benyttes resultatene fra målingene til?
 - b. Hvem har nytte av målingene (HENT/andre aktører)?
 - c. I hvilken grad motiverer målingene prosjekteringsdeltakere og gjør dem bevisst på muligheter for forbedringer av prosjekteringsprosessen?
4. Hva er forutsetningene for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen?
5. Hvordan kan man optimalisere målinger i prosjekteringsprosessen?
 - a. Hvilke utfordringer i prosjekteringsfasen mener du kan løses ved å måle prosjektene?
 - b. Har du forslag til målinger som bør innføres i fremtidige prosjekter?
6. Hvilke arbeidsoppgaver du tror kan være fornuftig å digitalisere eller automatisere?
7. I hvilken grad kan digitale hjelpemidler effektivisere og forbedre hvordan vi måler prosjekteringsprosessen?

Avslutning

1. Er det noe du mener jeg har glemt/utelatt å spørre om som kan være hensiktsmessig å inkludere i arbeidet mitt?
2. Kan jeg ta kontakt med deg hvis jeg har behov for oppklaring eller har flere spørsmål?

Takk for meg!

Intervjuguide

Om meg

Mitt navn er Laleh Rezaei og jeg er masterstudent på Bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Denne våren skriver jeg masteroppgave om målinger i prosjekteringsprosessen, med et omfang på 30 studiepoeng. Masteroppgaven skrives i samarbeid med HENT AS.

Bakgrunn for intervjuet

Flere norske entreprenører har begynt å implementere Virtual Design and Construction (VDC), som er et helhetlig rammeverk for prosjektplanlegging og gjennomføring. Målinger er et sentralt aspekt ved VDC for å optimalisere og effektivisere byggeprosjekter. Dessuten er målinger et viktig virkemiddel for å evaluere prosjekters suksess og benyttes til kontinuerlig forbedring av prosjekter. Til tross for dette er målinger lite utbredt i prosjekteringsfasen av byggeprosjekter.

Denne masteroppgaven baserer seg på et forprosjekt om utfordringer med dagens gjennomføring av VDC i prosjektering som ble skrevet høsten 2020. Problemstillingen for oppgaven er: *Hvordan kan målinger bidra til kontinuerlig forbedring i prosjekteringsprosessen?*

Formålet med intervjuene er å få svar på følgende forskningsspørsmål:

FS1) Hva er forutsetningene for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen?

FS2) Hva er hovedutfordringene knyttet til målinger i prosjekteringsprosessen?

FS3) Hvilke utfordringer i prosjekteringsprosessen kan møtes ved å måle prosjektene?

Praktisk informasjon

- Intervjuet vil gjennomføres som et semistrukturert intervju. Spørsmålene er veiledende for samtalen og intervjuobjektet står fritt til å ta opp andre aspekter som kan være aktuelle for oppgaven.
- Intervjuet vil bli tatt opp. Dette er for å kunne gjengi informasjonen mest mulig korrekt og unngå mistolkninger.
- Lydopptaket transkriberes snarest mulig etter intervju, og deretter vil lydopptaket slettes. Transkribert intervju ettersendes for godkjenning og eventuelle kommentarer dersom det er ønskelig.

Med vennlig hilsen,
Laleh Rezaei

Intervjuspørsmål

Introduksjon

1. Kan du fortelle kort om din bakgrunn og nåværende stilling?
2. I hvilken grad har du erfaring med VDC fra tidligere prosjekter?

Prosjekteringsfasen

1. Hvilke faktorer mener du kan føre til suksess i prosjekteringsfasen?
2. Hvilke verktøy bruker dere for:
 - a. Prosjekteringsplanlegging og styring?
 - b. Å sikre god kommunikasjon og informasjonsflyt?
3. Hva er hovedutfordringene i prosjekteringsfasen?
 - a. Hvordan jobber dere med disse utfordringene?
4. Hvordan kan man etablere forutsigbarhet under prosjektering?
 - a. Hvordan kan man sikre at de prosjekterende utfører arbeid riktig den første gangen arbeidet utføres?
 - b. Hvordan kan man sikre at riktig prosjekteringsunderlag leveres til de utførende til riktig tid?

BIM

1. Hvordan blir arbeidet med BIM-modellen gjennomført?
2. Hva er utfordringer knyttet til BIM-modellen?
3. Hva mener du er fordeler og ulemper med MMI?
4. Hvordan kan man optimalisere bruken av BIM i prosjektering?

Målinger

1. Hva måler dere i tilknytning til prosjekteringsfasen?
 - a. Hvorfor måles prosessen knyttet til prosjektering?
 - b. Hva er motivasjonen for å gjennomføre målinger?
 - c. Hvordan måles prosessene?
 - d. Hvor mye tid brukes på målinger?
 - e. Hvilke aktører legger ned innsats i målingene?
2. Hva er utfordringer med å gjennomføre målinger?
3. Hvilken påvirkning har bruken av målinger hatt for prosjektene deres?
 - a. Hva benyttes resultatene fra målingene til?
 - b. Hvem har nytte av målingene (HENT/andre aktører)?
 - c. I hvilken grad motiverer målingene prosjekteringsdeltakere og gjør dem bevisst på muligheter for forbedringer av prosjekteringsprosessen?
4. Hva er forutsetningene for at målinger skal være nyttige for prosjekteringsprosessen?
5. Hvordan kan man optimalisere målinger i prosjekteringsprosessen?

- a. Hvilke utfordringer i prosjekteringsfasen mener du kan møtes ved å måle prosjektene?
 - b. Har du forslag til målinger som bør innføres i fremtidige prosjekter?
6. Hvilke arbeidsoppgaver du tror kan være fornuftig å digitalisere eller automatisere?
 7. I hvilken grad kan digitale hjelpemidler effektivisere og forbedre hvordan vi måler prosjekteringsprosessen?

Avslutning

1. Er det noe du mener jeg har glemt/utelatt å spørre om som kan være hensiktsmessig å inkludere i arbeidet mitt?
2. Kan jeg ta kontakt med deg hvis jeg har behov for oppklaring eller har flere spørsmål?

Takk for meg!

VEDLEGG D

BIM Metrics

<i>Why, What, How</i>	<i>PDSA</i>	<i>POP</i>	<i>Controllable Factors</i>	<i>Target (Plan, Budget)</i>	<i>Actual (Do)</i>	<i>Difference between Target and Actual (Study)</i>	<i>Comment</i>
Why	Plan, Act	Function	Main purpose (use) of BIM	State			Add purpose-specific controllable factors and production metrics
Why	Plan, Act	Function	Support of project or client objectives	State			
Why	Plan, Act	Function	4D modeling	Y/N			
Why	Plan, Act	Function	Prefabrication	Y/N			
Why	Plan, Act	Function	Decisions supported	List			
Why	Plan, Act	Function	Predictions made on the basis o BIM	List			
Why	Plan, Act	Function	Other purposes	List			
What	Plan, Act	Product Form	Main type of BIM used?	VIA			
What	Plan, Act	Product Form	BIM content (disciplines)	Disciplines (structural, mechanical, etc.)			
What	Plan, Act	Product Form	BIM MMI per BIM content				
What	Plan, Act	Product Form	# BIM objects				
What	Plan, Act	Product Form	Key BIM attributes to support BIM use				
What	Plan, Act	Product Form	Key connections of BIM to other project information (if any)				
What	Plan, Act	Product Form	BIM Format (e.g., IFC)				
What	Plan, Act	Product Form	# new objects between versions				
What	Plan, Act	Product Form	# changed objects between versions				
What	Plan, Act	Product Form	# BIM objects used for fabrication				
What	Plan, Act	Product Form	# of BIM objects connected to activities for 4D modeling				
Who	Plan, Act	Org Form	BIM authors				
Who	Plan, Act	Org Form	BIM users				
Who	Plan, Act	Org Form	BIM tools				
How	Plan, Act	Process Form	Frequency of BIM updates				
How	Plan, Act	Process Form	Frequency of BIM uses				
How	Plan, Act	Process Form	BIM-related workflows and information flows				
How	Plan, Act	Process Form	# design versions considered in BIM				
How	Plan, Act	Process Form	Hours spent on the various BIM tasks	Budget			
			<i>Production Metrics</i>				
	Do, Study	Behavior	# hours planning BIM use				
	Do, Study	Behavior	# hours developing BIM				
	Do, Study	Behavior	# hours coordinating BIM				
	Do, Study	Behavior	# hours reworking BIM due to client changes				
	Do, Study	Behavior	# hours reworking BIM due to other (non-client) changes				
	Do, Study	Behavior	# hours reworking BIM due to not following procedures (format, etc.)				
	Do, Study	Behavior	# spatial (geometric) clashes found (possibly differentiate by disciplines)				
	Do, Study	Behavior	# of other clashes found (information, 4D)				
	Do, Study	Behavior	# clashes resolved per time period				
	Do, Study	Behavior	Effort for tasks with BIM use				
	Do, Study	Behavior	Accuracy of the predictions				
	Do, Study	Behavior	# times the decisions made on the basis of BIM are revisited				

ICE Metrics

<i>Why, What, How</i>	<i>PDSA</i>	<i>POP</i>	<i>Controllable Factors</i>	<i>Target (Plan, Budget)</i>	<i>Actual (Do)</i>	<i>Difference between Target and Actual (Study)</i>	<i>Comment</i>
Why	Plan, Act	Function	ICE session purpose				
Why	Plan, Act	Function	Support of client or project objective(s)				
Why	Plan, Act	Function	Decisions that should be made during the ICE session				
Why	Plan, Act	Function	Issues that should be resolved during the ICE session				
What	Plan, Act	Product Form	ICE session agenda				
What	Plan, Act	Product Form	Physical environment for ICE session				
What	Plan, Act	Product Form	Digital environment for ICE session				
Who	Plan, Act	Org Form	ICE session participants				
Who	Plan, Act	Org Form	ICE session leader				
Who	Plan, Act	Org Form	ICE session facilitator				
Who	Plan, Act	Org Form	ICE session recorder				
Who	Plan, Act	Org Form	ICE session planner(s)				
How	Plan, Act	Process Form	ICE session planning process				
How	Plan, Act	Process Form	Preparation tasks				
How	Plan, Act	Process Form	# days agenda is available before the ICE session				
How	Plan, Act	Process Form	# days information prepared in preparation tasks is available before the ICE session				
How	Plan, Act	Process Form	ICE session process (e.g., plenary vs. breakouts)				
How	Plan, Act	Process Form	Follow-up deliverables				
How	Plan, Act	Process Form	Hours spent on various ICE tasks	Budget			
			<i>Production Metrics</i>				
	Do, Study	Behavior	PPC for preparation tasks				
	Do, Study	Behavior	PPC for agenda items				
	Do, Study	Behavior	PPC for decisions				
	Do, Study	Behavior	PPC for issues resolved				
	Do, Study	Behavior	PPC for follow-up deliverables				
	Do, Study	Behavior	Agenda items added during the session				
	Do, Study	Behavior	Decisions made that were not planned				
	Do, Study	Behavior	Issues resolved that were not planned				
	Do, Study	Behavior	Decision stickiness				
	Do, Study	Behavior	Rework due to re-decisions				
	Do, Study	Behavior	Quality of the preparation work				Assessment by the participants
	Do, Study	Behavior	Participants' contributions during the ICE session				Assessment by the participants
	Do, Study	Behavior	Participants' satisfaction with the ICE session				Assessment by the participants

PPM Metrics

<i>Why, What, How</i>	<i>PDSA</i>	<i>POP</i>	<i>Controllable Factors</i>	<i>Target (Plan, Budget)</i>	<i>Actual (Do)</i>	<i>Difference between Target and Actual (Study)</i>	<i>Comment</i>
Why	Plan, Act	Function	Planning purpose				
Why	Plan, Act	Function	Planned production (quantity / unit of time)				
Why	Plan, Act	Function	Support of project or client objective(s)				
What	Plan, Act	Product Form	Level of detail of planning				
What	Plan, Act	Product Form	Plan (the plan itself)				
What	Plan, Act	Product Form	# activities in plan				
What	Plan, Act	Product Form	# pooled, sequential, reciprocal activities				
What	Plan, Act	Product Form	Expected activity with largest variability				
What	Plan, Act	Product Form	Expected source of variability				
What	Plan, Act	Product Form	Key buffer(s)				
What	Plan, Act	Product Form	Pull planning	Y/N			
What	Plan, Act	Product Form	If pull planning: milestone?				
What	Plan, Act	Product Form	Uniqueness of the process	Based on company standard, similar to last project, unique to this project			
What	Plan, Act	Product Form	Feedback loops (PDSA cycle)				
What	Plan, Act	Product Form	Connections with other processes				
Who	Plan, Act	Org Form	Participants in planning				
Who	Plan, Act	Org Form	Reviewers of the plan				
Who	Plan, Act	Org Form	Companies executing the activities				
How	Plan, Act	Process Form	Frequency of planning				
How	Plan, Act	Process Form	# plan options considered				
How	Plan, Act	Process Form	Planning effort	Hours budgeted	Hours spent		
			<i>Production Metrics</i>				
	Do, Study	Behavior	PPC				
	Do, Study	Behavior	Tasks anticipated				
	Do, Study	Behavior	Reasons for plan deviations (categories)				
	Do, Study	Behavior	Cycle times				
	Do, Study	Behavior	Variability of cycle times				
	Do, Study	Behavior	Work in Progress (WIP)				
	Do, Study	Behavior	Rework				
	Do, Study	Behavior	Reasons for rework				
	Do, Study	Behavior	Safety performance				
	Do, Study	Behavior	# inspections passed the first time				
	Do, Study	Behavior	# punch list items				
	Do, Study	Behavior	Rework to address punch list items				
	Do, Study	Behavior	# of Requests for Information (RFI)				
	Do, Study	Behavior	Effort to deal with RFIs				
	Do, Study	Behavior	Time to respond to RFIs				
	Do, Study	Behavior	# change orders				
	Do, Study	Behavior	Effort to handle change orders				

