

Lean Construction i Statsbygg - Casestudie av et rehabiliteringsprosjekt

Kåre Johan Haarr

Bygg- og miljøteknikk (2-årig)

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Frode Olav Drevland, BAT

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



NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR BYGG, ANLEGG OG TRANSPORT

Oppgavens tittel: Lean Construction i Statsbygg – Casestudie av et rehabiliteringsprosjekt	Dato: 01.06.16 Antall sider (inkl. bilag): 122 Masteroppgave: Prosjektledelse TBA 4910
Navn: Kåre Johan Haarr	
Faglærer/veileder: Frode Drevland	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:	

Ekstrakt:

Masteroppgaven undersøker hvilke erfaringer Statsbygg har ved bruk av Lean Construction i rehabiliteringsprosjekt. Oppgaven fokuserer på byggherrens perspektiv. Det er gjennomført et litteraturstudie og et casestudie som omfattet åtte semi-strukturerte dybdeintervjuer og et dokumentstudie.

Lean-prosjektgjennomføring er en prosjektgjennomføring hvor produksjonssystemet forfølger TFV-teoriens mål. For å implementere Lean Construction i rehabiliteringsprosjekt benyttet Statsbygg seg av et pålagt gjennomføringssystem gjennom tildelingskrav i kontraheringen. Likevel ble caseprosjektet mer eller mindre gjennomført i henhold til tradisjonell prosjektgjennomføring. Oppgaven identifiserer hovedgrunnene for at Lean-prosjektgjennomføring ikke ble oppnådd.

Masteroppgaven indikerer viktigheten med at prosjektaktørene forstår mekanismene bak Lean Construction og at de oppnår det ekte samarbeidet for å høste effekten og de potensielle godene ved Lean-prosjektgjennomføring.

Stikkord:

1. Lean Construction
2. Lean-prosjektgjennomføring
3. Byggherres perspektiv
4. Rehabiliteringsprosjekt

FORORD

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på mitt to-årige sivilingeniørstudie ved NTNU i bygg- og miljøteknikk ved institutt for bygg, anlegg og transport med studieretning prosjektledelse. Denne masteroppgaven er utført våren 2016 og utgjør 30 studiepoeng.

Gjennom studiet har jeg blitt svært interessert i Lean Construction og nettopp derfor er dette temaet for masteroppgaven. Nærmere bestemt tar masteroppgaven for seg hvilke erfaringer Statsbygg har med Lean-prosjektgjennomføring i rehabiliteringsprosjekt.

Masteroppgaven er utført i samarbeid med Statsbygg. Statsbygg har bidratt med tilrettelegging av caseprosjekt og økonomisk kompensasjon for utlegg i forbindelse med oppgaven. Jeg ønsker først og fremst takke Statsbygg for denne samarbeidsmulighet. Alexandra Klimek fortjener en takk for god administrativ tilrettelegging og oppfølging. Videre ønsker jeg å takke Terje Næss som har vært svært behjelpelig med administrative og faglig innspill i forbindelse med caseprosjektet, samt organisere intervju. Jeg ønsker også å takke Morten Christensen for nyttige innspill.

Intervjupersonene fra Statsbygg, Skanska, ÅF Advansia og ÅF Reinertsen fortjener også en takk. Deres bidrag har vært svært viktig. Til slutt ønsker jeg å rette en stor takk til min veileder fra NTNU, Frode Drevland, som har tatt seg tid til alle mine henvendelser og bidratt med svært god og konstruktiv veiledning.

Kåre Johan Haarr

Trondheim 01.06.16

SAMMENDRAG

Denne masteroppgaven består av både en tradisjonell masteroppgaverapport og en vitenskapelig artikkel. Formålet med masteroppgaven er undersøke hvilke erfaringer Statsbygg har ved bruk av Lean Construction i rehabiliteringsprosjekt. Oppgaven fokuserer på byggherrens perspektiv – Hvilke tiltak ble gjort for å få Lean Construction inn i prosjekt, har disse fungert og hvorfor har disse fungert eller ikke fungert? Problemstillingen for masteroppgaven er følgende:

«Hvilke erfaringer har Statsbygg med Lean-prosjektgjennomføring i rehabiliteringsprosjekt?»

Det er valgt en kvalitativ forskningsmetode med induktiv tilnærming. For å etablere et teoretisk grunnlag ble det først utført et litteraturstudie. For å innhente relevant empirisk data ble det utført et «single-explanatory»-casestudie som omfattet åtte semi-strukturerte dybdeintervjuer og dokumentstudie. Fokuset i casestudiet er på selve byggefasen og ser mer eller mindre bort fra tidligfase og prosjekteringsfasen.

Lean-prosjektgjennomføring er en prosjektgjennomføring hvor produksjonssystemet forfølger TFV-teoriens mål. For å implementere Lean Construction i rehabiliteringsprosjekt påla Statsbygg bruk av Lean Construction gjennom tildelingskrav i kontraheringen. Her utarbeidet Statsbygg et pålagt gjennomføringssystem som aktørene måtte forholde seg til. Likevel ble caseprosjektets byggefase mer eller mindre gjennomført i henhold til tradisjonell prosjektgjennomføring. Hovedgrunnene for Lean-prosjektgjennomføring ikke ble oppnådd i rehabiliteringsprosjektet var:

- Prosjektledelsen, både hos entreprenør og byggherre, mislyktes med å etablere en Lean-kultur basert på Lean Construction ideal og prinsipper.
- Det manglet et ekte samarbeid mellom aktørene. Kontraktstrategien kan ha påvirket dette i tillegg til at samhandlingsfasen var dårlig gjennomført.
- Produksjonssystemet var ikke forankret og justert til entreprenørens og byggherrens interesser.
- Bygningens grad av uforutsette risiko – Variabilitetsnivået var veldig høyt.

Masteroppgaven indikerer viktigheten ved at prosjektaktørene forstår mekanismene bak Lean Construction og at de oppnår det ekte samarbeidet for å høste effekten og de potensielle godene ved Lean-prosjektgjennomføring. Selv om caseprosjektet ikke oppnådde Lean-prosjektgjennomføring, kan datagrunnlaget tyde på at bransjen er positiv til at byggherrer aktivt prøver å tilrettelegge for mer effektiv prosjektgjennomføring gjennom å pålegge Lean Construction i prosjekt. Som statens byggherre har Statsbygg stor påvirkningskraft på den norske byggebransjen, og videre bruk av å pålegge Lean Construction kan trolig, i et lengre perspektiv, føre til mindre sløsing og lavere kostnader for alle involverte aktører.

ENGLISH ABSTRACT

This master thesis consist of both a traditional thesis and a paper. The purpose of the thesis is to look into what experiences the Norwegian government property developer – Statsbygg – has with use of Lean Construction in their rehab projects. The thesis focus on the client’s perspective – What measures were used to implement Lean Construction in the projects, did it work and why did the project succeed or fail Lean project delivery? The thesis address the following research question:

“What are Statsbygg’s experiences with Lean project delivery in rehab projects?”

The research presented in this thesis is based on a literature study to establish a theoretical foundation, and a single explanatory case study involving the collection of qualitative data. The case study was conducted by in-depth semi-structured interviews of eight professional key actors and a document study. The research has primarily focused on the construction phase of the project.

Lean project delivery systems are structured, controlled and improved in the pursuit of the TFV goals. Statsbygg is implementing Lean Construction in their rehab projects by mandating, in the tender competition, the prime contractor and the designers of using Lean Construction principles and a handful of selected methods – a mandated delivery system. However, the project’s construction phase was more or less carried out in accordance with traditional project management. The main reasons for the rehab project failing Lean project delivery were:

- Project management, both at the client and contractor side, failed to implement a Lean culture based on Lean Construction principles and ideal.
- Lack of real collaboration. The contract strategy may have affected this, as well as a poorly implemented collaboration phase.
- The production system was not aligned properly between client and contractor.
- The building’s amount of unforeseen risks – The level of variability was high.

The master thesis indicates the importance of project actors’ understanding the mechanism behind Lean Construction and the foundation of a real collaboration to reap the benefits. Although the case project did not achieve Lean project delivery, the data may imply that the

Norwegian construction industry is positive to a mandated implementation of Lean Construction in projects. As a public client Statsbygg has a great impact on the industry and further use of mandating Lean Construction in their projects could probably, in the long-term perspective, result in less waste and lower project costs for all actors involved.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	I
Sammendrag	III
English abstract	V
Figurliste	3
Tabelliste	5
DEL 1: MASTEROPPGAVERAPPOR	7
1. Innledning	9
1.1 Bakgrunn.....	9
1.2 Formål	11
1.3 Problemstilling og forskningsspørsmål.....	11
1.4 Omfang og begrensninger	11
1.5 Rapportens oppbygning	13
2. Metode	15
2.1 Valg av forskningsmetode	15
2.2 Litteraturstudie	16
2.3 Casestudie	16
2.4 Forskningens kvalitet	21
2.5 Alternativ metode.....	22
2.6 Prosess for vitenskapelig artikkel	23
3. Teoretisk rammeverk	25
3.1 Produksjonsteori: TFV-teorien	25
3.2 Hva er Lean Construction?	28
3.3 Grunnleggende Lean-terminologier	33
3.4 Produksjonssystemstyring.....	36
3.5 Rammeverk for suksessfullt endringsarbeid.....	37
3.6 Lean-prosjektgjennomføring.....	38
3.7 Systematisk tilnærming av prosjektgjennomføring	42
3.8 Last Planner System.....	44

3.9	Taktplanlegging	48
3.10	Integrated Concurrent Engineering (Samlokalisering)	50
3.11	Lean Six Sigma	51
4.	Resultat og Diskusjon	53
4.1	Caseprosjektbeskrivelse – Urbygningen	53
4.2	Lean-prosjektgjennomføring	56
4.3	Statsbyggs tilretteleggelse for Lean-prosjektgjennomføring	59
4.4	Prosjektets grad av Lean-prosjektgjennomføring	71
4.5	Hvorfor Lean-prosjektgjennomføring ikke ble oppnådd	74
5.	Konklusjon	83
6.	Videre forskningsarbeid.....	87
6.1	Lean Construction i rehabiliteringsprosjekt	87
6.2	Taktplanlegging i rehabiliteringsprosjekt	87
6.3	Lean Construction som tildelingskriteria	87
6.4	Rutiner for implementering av Lean Construction	87
7.	Referanser	89
DEL 2:	VITENSKAPELIG ARTIKKEL.....	95
A Mandated Lean Construction Delivery System in a Rehab Project – A Case Study 97		
DEL 3:	VEDLEGG	107
I.	Litteratursøk: Søkeordstabell	109
II.	A3-rapport: Vitenskapelig artikkel	110
III.	Intervjuguide: Semi-strukturert dybdeintervju	112

FIGURLISTE

Figur 1:	Forskjellen mellom byggekostnadsindeksen og de generelle kostnadene i det norske samfunnet, representert ved konsumprisindeksen, for de to siste tiårene (SSB, u.d).	9
Figur 2:	Rapportens oppbygning.....	13
Figur 3:	Stegvis-deduktiv induktiv metode, SDI. Figur fritt etter Tjora (2012).	20
Figur 4:	Illustrasjon av TFV-modell fritt etter Østby-Deglum et al. (2013).	25
Figur 5:	Grafen viser sammenheng mellom gjennomløpstid, utnyttelsesgrad (ressursforbruk) og graden av variabilitet. Figur hentet fra Ferdows et al (2004).27	
Figur 6:	Definisjonen av Lean Construction som et isfjell.	30
Figur 7:	Figur til venstre: Transformasjonseffektivitet fokuserer på at en ressurs maksimerer verdiskapende tid på flere enheter. Figur til høyre: Flyteeffektivitet fokuserer på at flere ressurser maksimerer verdimottakende tid på en enhet. Figur fritt etter Modig og Åhlström (2012a).	31
Figur 8:	Effektivitetsmatrisen. Y-aksen viser graden av transformasjonseffektivitet og X-aksen viser flyteeffektivitet. Stjernen beskriver den teoretisk perfekte tilstand som er målet. Den blå pilen illustrerer bevegelsen bruk av Lean gir. «Effektivitetsfronten» illustrerer hvordan variabilitet begrenser muligheten til å oppnå full effektivitet. Figur fritt etter Modig og Åhlström (2012a).	32
Figur 9:	Forskjellen mellom kontinuerlig forbedring og innovasjon. Figur fritt etter Koskela (1992).	35
Figur 10:	Produksjonssystem og TFV-teorien.	36
Figur 11:	Produksjonssystemstyring. Figur fritt etter Ballard og Howell (2003).	36
Figur 12:	Larsons (2003) fem elementene for suksessfull systemimplementering.....	37
Figur 13:	Gjennomføringssystemet «Lean Project Delivery System». Figur fritt etter Ballard (2008).....	40
Figur 14:	Sammenligning av tradisjonell og Lean-prosjektgjennomføring. Figur fritt etter Howell et al. (2013).	43
Figur 15:	Syv forutsetninger for sunne oppgaver. Figur fritt etter Østby-Deglum et al. (2013).	45
Figur 16:	Pull-systemet til Last Planner System.	46

Figur 17: Arbeidsflytkontroll som en skjematisk utviklingsplan. Figur fritt etter Ballard (2000c).....	47
Figur 18: Taktplanleggings seks-steps iterative prosess.	48
Figur 19: Urbygningen. Bilde hentet fra Statsbygg.no (2015).....	53
Figur 20: Caseprosjektets organisasjonskart.	56
Figur 21: Produksjonssystem som forfølger TFV-teoriens mål.....	57
Figur 22: Tradisjonelt produksjonssystem som fokuserer primært på transformasjon.	57
Figur 23: Illustrasjon av byggets takt-soner og -sekvens.....	70
Figur 24: Caseprosjektets prosjektgjennomføring.	72
Figur 25: Caseprosjektets produksjonssystemstyring. Fritt etter Ballard og Howell (2003).	76
Figur 26: Prosjektets resultat av Lean-implementering etter Larssons (2003) rammeverk for suksessfull endring.....	79
Figur 27: Produksjonssystem som tilstreber TFV-teoriens mål.....	83

TABELLISTE

Tabell 1:	Oversikt over valgte forskningsmetoder.	15
Tabell 2:	Oversikt over seks ulike typer casestudier med tilhørende formål (Yin 2003).....	16
Tabell 3:	Fasene i et dybdeintervju og hva de innebærer (Tjora, 2012).....	17
Tabell 4:	Nøkkelpersoner som ble intervjuet.....	18
Tabell 5:	Dokumenter som inngikk i dokumentstudiet.	19
Tabell 6:	Valgte kvalitetstiltak for casestudiet. Disse er basert på Yins (2014) kvalitetstiltak.	22
Tabell 7:	Åtte hovedkategorier for sløsing Liker (2004).....	33
Tabell 8:	Sammenligning mellom tradisjonell prosjektgjennomføring og Lean- prosjektgjennomføring. Tabell fritt etter Koskela et al. (2002).	39
Tabell 9:	Sammenligning mellom tradisjonell og Lean-prosjektgjennomføring. Tabell fritt etter Howell et al. (2013).....	42
Tabell 10:	Last Planner Systems planhierarki.	46
Tabell 11:	Taktplanleggingens iterative prosess (Frandsen et al., 2013, Frandsen et al., 2015).....	49
Tabell 12:	Six Sigmas nivåer og defekt-ratio pr. million produkt eller prosesser. Tabell fritt etter Moore (2011).....	51
Tabell 13:	Caseprosjektets overordnede framdrift.	54
Tabell 14:	Caseprosjektets kontraktstrategi. Tabellutforming basert etter Lædre (2009).....	55
Tabell 15:	Sammenhengen mellom Statsbyggs planlagte prosjektgjennomføring og TFV- teoriens mål.	58
Tabell 16:	Oversikt over Statsbyggs tiltak for å sikre Lean-prosjektgjennomføring.	59
Tabell 17:	Planlagte møtестruktur for oppfølging. Innholdet hentet fra Lean- samhandlingsnotat.	67
Tabell 18:	Gjennomføringssystemets elementer og dets bidrag til Lean- prosjektgjennomføring.	72
Tabell 19:	Sammenligning mellom tradisjonell og Lean-prosjektgjennomføring. De sorte feltene markerer caseprosjektets karakteristikk. Tabell fritt etter Koskela et al. (2002).	73
Tabell 20:	Oversikt over Statsbyggs tiltak for å sikre Lean-prosjektgjennomføring.	84

DEL 1

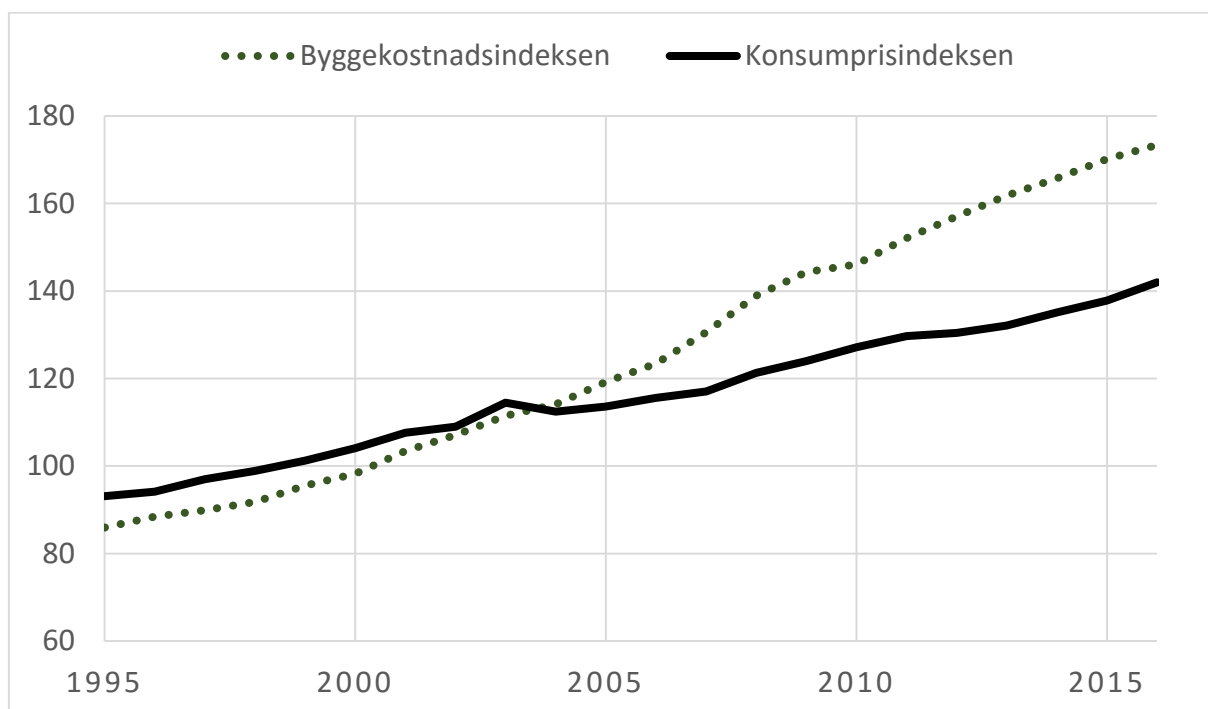
MASTEROPPGAVERAPPORT

1. INNLEDNING

I det første kapitlet presenteres selve rammeverket for masteroppgaven. Først presenteres masteroppgavens bakgrunn etterfulgt av oppgavens formål og problemstilling med tilhørende forskningsspørsmål. Videre blir oppgavens omfang og begrensninger definert. Kapitlet avsluttes med en oversikt over oppgavens struktur.

1.1 Bakgrunn

I dagens byggebransje har et relativt lavt produktivitetsnivå (Josephson and Björkman, 2010, Ingvaldsen and Edvardsen, 2007) samtidig som kostnadsnivået på byggeprosjekter stadig øker (SSB, u.d). Spranget mellom byggekostnader og de generelle kostnadene i samfunnet er illustrert i grafen nedenfor.



Figur 1: Forskjellen mellom byggekostnadsindeksen og de generelle kostnadene i det norske samfunnet, representert ved konsumprisindeksen, for de to siste tiårene (SSB, u.d).

En studie gjort av Josephson og Saukkoriipi (2005) tilsier at 30-35% av alle byggekostnadene i Sverige er sløsing; hvorav 10% er på grunn av defekter og feil, 10% på grunn av dårlig utnyttelse av ressurser, 10% på grunn av dårlig HMS og 5% på grunn av ineffektive og tungroddede systemer. En kan med rimelighet anta at dette er representative også i Norge. En

effektivitetsstudie av 122 boligprosjekter i Norge (Ingvaldsen and Edvardsen, 2007) angir et gjennomsnittlig produktivitetsnivå er på 79%. Selv om det er entreprenører som utfører arbeidet og kjøper materialer er det kunden – byggherren – som til syvende og sist betaler de endelige kostnadene. Det kan derfor argumenteres for at det er nødvendig med et skifte, bort fra den tradisjonelle prosjektgjennomføringen, for å snu den negative trenden.

Lean Construction kan være et middel for å oppnå mer verdi og minske sløsing. Lean Construction er en teoribasert metodologi for byggebransje (Koskela et al., 2002), som har sin teoretiske inspirasjon fra Lean Produksjon og bilprodusenten Toyotas produksjonssystem (Howell, 1999). Lean Construction har de siste årene startet sitt inntog i den norske byggebransjen. Statsbygg – statens byggherre – har begynt å implementere Lean Construction inn i sine prosjekter. En av Statsbyggs målsetninger er å forme morgendagens bygge- og eiendomsnæring ved å være en innovatør i bransjen (Statsbygg.no, u.d).

I Statsbyggs prosjekter hvor kostnadene overgår terskelverdien slår regelverket for offentlig anskaffelser inn. Hensikten med offentlig anskaffelser er å utnytte offentlige midler, sikre rettferdig konkurranse og utvikle byggenæringens konkurransekraft. Regelverket pålegger Statsbygg å arrangere anbudskonkurranse hvor det er de aktørene som best tilfredsstillende til delingskravene og -kriteriene som får entreprisen. Dette er en utfordring da regelverket til dels motvirker en elementær Lean-tankegang: Prøve å unngå anbudskonkurranser slik at man kan velge de riktige deltakerne ut ifra ekspertise og evne og ikke lavest pris (Zimina et al., 2012, Howell et al., 2013).

Statsbygg har i løpet av de siste årene opparbeidet seg erfaring med Lean-prosjektgjennomføring ved bruk av Lean Construction i flere nybygg-prosjekter og i et fåtalls rehabiliteringsprosjekter. Flere seminar-presentasjoner beskriver at Statsbygg har fått gode resultater på flere av sine Lean-prosjekter. Det er en betydelig forskjell mellom nybygg- og rehabiliteringsprosjekter. Rehabiliteringsprosjekter er karakterisert med en høy grad av risiko, hvor årsakene til risikoen er mangfoldige og framkommer ofte i klynger (Reyers and Mansfield, 2001). En studie av et rehabiliteringsprosjekt indikerer at det er utfordrende å benytte alle aspekter av Lean Construction. Dette på grunn av mengden av uforutsette utfordringer og at prosjekteringen skjer på et relativt tvetydig informasjonsgrunnlag (Bryde and Schulmeister, 2012).

Rehabiliteringsprosjekt som Statsbygg karakteriserer som Lean-prosjekt er «Urbygningen Campus Ås» og «Bergen universitetsmuseum». Det er tidligere utført forskning på

prosjekteringsfasen til prosjektet Urbygningen Campus Ås (Bråthen and Moland, 2015, Kristensen, 2016), men det er ikke utført nevneverdig forskning på byggefasen. Det kan derfor være interessant å undersøke hvilke erfaringer Statsbygg har ved bruk av Lean Construction i rehabiliteringsprosjekt.

1.2 Formål

Formålet med masteroppgaven er undersøke hvilke erfaringer Statsbygg har ved bruk av Lean Construction i rehabiliteringsprosjekt. Oppgaven fokuserer på byggherrens perspektiv – Hvilke tiltak ble gjort for å få Lean Construction inn i prosjekt, har disse fungert og hvorfor har disse fungert eller ikke fungert?

1.3 Problemstilling og forskningsspørsmål

Problemstilling for masteroppgaven er: «Hvilke erfaringer har Statsbygg med Lean-prosjektgjennomføring i rehabiliteringsprosjekt?»

For å støtte opp om problemstillingen er følgende forskningsspørsmål utarbeidet:

1. Hva er Lean-prosjektgjennomføring?
2. Hvordan prøver Statsbygg å tilrettelegge for Lean-prosjektgjennomføring i rehabiliteringsprosjekt?
3. I hvilken grad har Statsbyggs og aktørene oppnådd Lean-prosjektgjennomføring i rehabiliteringsprosjekt?
4. Hvorfor har Statsbyggs og aktørene oppnådd eller ikke oppnådd Lean-prosjektgjennomføring i rehabiliteringsprosjekt?

1.4 Omfang og begrensninger

1.4.1 Casestudiet

Problemstillingen begrenser seg til ett casestudie, Urbygningen Campus Ås, og konkluderer ut ifra dette hvilke erfaringer Statsbygg her ved bruk av Lean Construction i rehabiliteringsprosjekter. Statsbygg har i et annet rehabiliteringsprosjekt, Bergen universitetsmuseum, benyttet samspillskontrakt med noen elementer av Lean Construction, men her uten å ha kontraktfestede krav til bruk av Lean Construction (difi, 2014). Det er derfor valgt å ikke studere prosjektet Bergen universitetsmuseum.

Fokuset i casestudiet er på Urbygningens byggefase og ser bort fra tidligfase og prosjekteringsfase. Dette gjøres fordi prosjekteringsfasen allerede har vært inkludert i to tidligere forskningsprosjekter, SamBIM¹ (Bråthen and Moland, 2015) og BA201² (Kristensen, 2016). Tidligfase er heller ikke undersøkt da denne ble utført flere år i forveien og uten fokus eller intensjon om å følge Lean Construction ideal eller prinsipper.

1.4.2 Masteroppgavens omfang

Masteroppgaven består av både en tradisjonell masteroppgaverapport og en vitenskapelig artikkel. Den vitenskapelige artikkelen skal publiseres på konferansen «IGLC2016 – 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction». Omfanget til den tradisjonelle masterrapporten er derfor redusert med samtykke fra veileder.

Essensen av problemstillingen til den vitenskapelige artikkelen samsvarer med masteroppgavens problemstilling, men den er mer konkret rettet mot selve casestudiet. Problemstillingen til artikkelen er som følger: «What are the experiences of using a mandated Lean Construction delivery system in the construction phase with a prime contract». Artikkelens problemstillingen blir deretter støttet opp av tre forskningsspørsmål som tilsvarer masteroppgavens forskningsspørsmål nr. 2,3 og 4.

1.4.3 Teori om Lean Construction

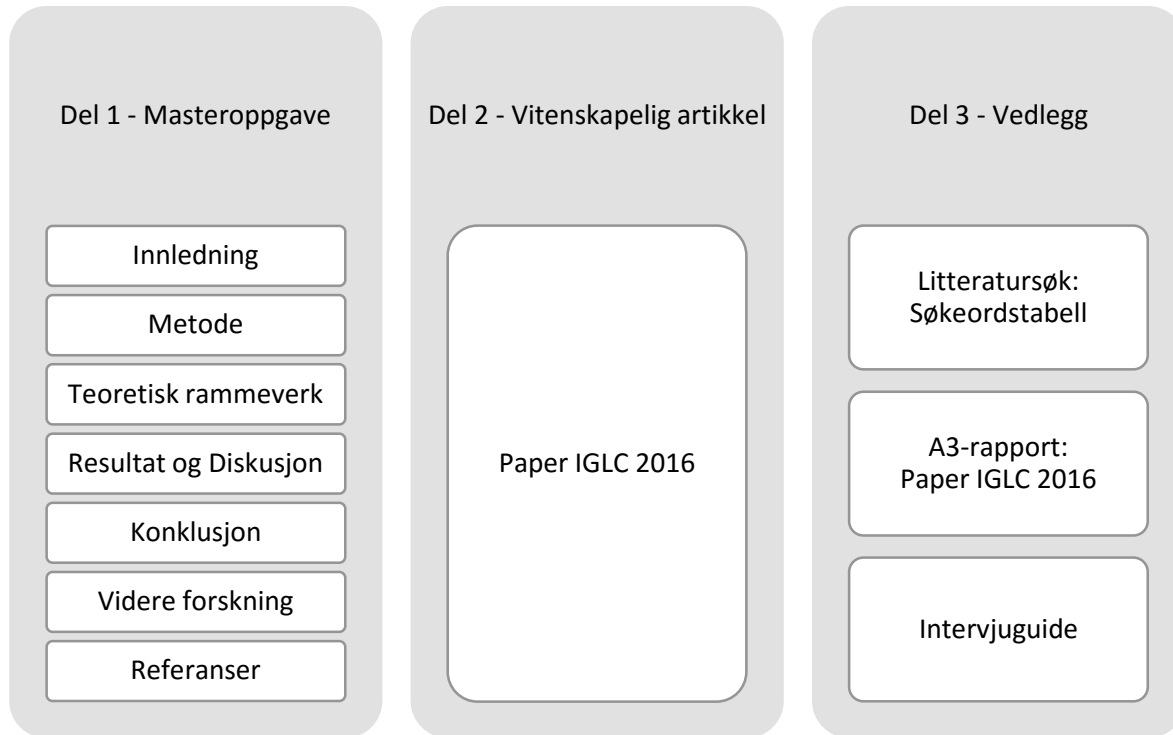
Det finnes utallig informasjon rundt temaet Lean Construction. Det er derfor valgt å avgrense teorikapittelet slik at en bare tar med den essensielle teorien som er relevant for oppgaven. Begreper som anses for å være allmenn kjent, for eksempel BIM, beskrives ikke i oppgavens teorikapittel.

¹ For informasjon om forskningsprosjektet SamBIM se <https://www.ntnu.no/ab/sam-bim>

² BA2015 er en nasjonale satsning for BAE-næringen. For info se <http://www.BA2015.no>

1.5 Rapportens oppbygning

Masterrapporten består av tre hoveddeler: Del 1 – Masteroppgave, Del 2 – Vitenskapelig artikkel og Del 3 – Vedlegg. Figuren nedenfor viser rapportens struktur.



Figur 2: Rapportens oppbygning.

1.5.1 Del 1 – Masteroppgave

Videre følger en kort presentasjon av masteroppgavens struktur.

Innledningskapittelet presenteres selve rammeverket for masteroppgaven. Først presenteres masteroppgavens bakgrunn, etterfulgt av oppgavens formål og problemstilling med tilhørende forskningsspørsmål. Videre blir oppgavens omfang og begrensninger definert. Kapitlet avsluttes med en oversikt over oppgavens struktur.

Metodekapittelet presenterer oppgavens valgte kvalitative induktive forskningsmetode. Hensikten med dette kapitlet er å beskrive rapportens etterprøvbarehet. Kapitlet beskriver de valgte metodene: Et litteraturstudie og et «singel-explanatory»-casestudie. Til slutt beskrives forskningens kvalitet, alternativ forskningsmetode og selve arbeidsprosessen til den vitenskapelige artikkelen.

Det **teoretiske rammeverket** har til hensikt å skape et teoretisk grunnlag for oppgaven. Her presenteres relevant teori tilpasset oppgavens problemstilling.

Det er valgt å kombinere oppgavens **resultat** og **diskusjon** i ett kapittel. Dette er gjort for å forhindre stadige gjentakelser. Kapittelet presenterer først en beskrivelse av caseprosjektet og deretter blir kapittelet delt inn i underkapitler som refererer til hvert av forskningsspørsmålene. Den empiriske dataen blir presentert gjennom uttalelser og sitater fra informantene. Dataen blir også diskutert opp mot relevant teori fra det teoretiske rammeverket.

Konklusjonskapittelet svarer på masteroppgavens problemstilling med tilhørende forskningsspørsmål. Til slutt presenteres forslag for **videre forskning** og masteroppgavens **referanseliste**.

1.5.2 Del 2 - Vitenskapelig artikkel

Del to består av en 10-siders vitenskapelig artikkel som innholdsmessig overlapper masteroppgaven. Oppbygningen og formatet til artikkelen er bestemt av konferansen IGLC 2016.

1.5.3 Del 3 – Vedlegg

Del tre består av vedlegg. Her legges informasjon som ikke er essensiell for selve oppgaven, men likevel nyttig. Vedlegget består av litteratursøkets søkeordstabell, etterfulgt av en IGLCs A3-rapport som oppsummerer den vitenskapelige artikkelen. Til slutt kommer intervjuguide som ble brukt i forbindelse med datainnsamlingen.

2. METODE

Det andre kapitlet presenterer oppgavens valgte kvalitative induktive forskningsmetode. Hensikten med dette kapitlet er å beskrive rapportens etterprøvbarhet. Kapitlet beskriver de valgte metodene: Litteraturstudie og casestudie. Til slutt beskrives forskningens kvalitet, alternativ forskningsmetode og selve arbeidsprosessen til den vitenskapelige artikkelen.

2.1 Valg av forskningsmetode

2.1.1 Kvalitativ induktiv forskning

For å besvare oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål er det valgt en kvalitativ forskningsmetode med induktiv tilnærming. Ifølge Olsson (2011) baserer kvalitativ forskning seg på muntlig og tekstlig informasjon der man prøver å oppnå en helhetsforståelse. En induktiv tilnærming tar utgangspunkt i enkelttilfeller og ut fra dette antar generelle sammenhenger (Tjora, 2012).

2.1.2 Metodevalg

Det ble valgt å benytte et litteraturstudie for å etablere et teoretisk grunnlag. For å innhente relevant empirisk data ble det valgt et casestudie som omfattet intervjuer og. En oversikt over de valgte metodene er illustreres i tabellen nedenfor.

Tabell 1: Oversikt over valgte forskningsmetoder.

Utvalgte forskningsmetoder
Litteraturstudie
Casestudie
Semi-strukturerte dybdeintervju
Dokumentstudier

2.2 Litteraturstudie

2.2.1 Spesialtema

Som en forberedelse til masteroppgaven ble det i fagene TBA4128 Prosjektledelse VK og TBA4151 Produksjonsteknikk VK som gikk høsten 2015, gjennomført et spesialtema som var et litteratursøk. Undertegnede valgte følgende tema: «Lean Construction fra byggherres perspektiv». Gjennom litteratursøket ble relevant litteratur identifisert, samt det ble utført en evaluering av dens kvalitet. Selv om søkets temaet hadde stor grad av generalitet var mye av litteraturen relevant for masteroppgavens problemstilling. En oversikt over søkeord benyttet i litteratursøket kan ses i vedlegg I.

2.2.2 Videre litteraturstudie

Litteraturstudiet ble videreført etter hvert som problemstilling og forskningsspørsmål tok form. Søket ble da mer spesifikk rettet mot oppgavens problemstillingen. Søkemotorer og databaser som ble benyttet i masteroppgaven var Oria, Googel Scholar, Google, IGLC.net, Scopus og Compendex.

2.2.3 Kildekritikk

For å evaluere kvalitet på litteraturen ble VIKOs TONE-kriterier (NTNU Universitetsbiblioteket, u.d) benyttet. TONE står for troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet/relevans.

2.2.4 Feilkilder

Noe av litteraturen som er benyttet er mer praktisk rettet bøker hvor det mangler referanser i løpende tekst. Dette kan føre til at innholdet blir mindre presist og basere seg i større grad på forfatterens meninger.

2.3 Casestudie

Casestudie som metode er egnet når problemstillingen søker svar på en nåværende situasjon som krever en omfattende grundig beskrivelse (Yin, 2014). Et casestudie ble derfor funnet hensiktsmessig til bruk i oppgaven. Det finnes seks casestudie metoder (Yin, 2003) som er presentert i tabellen nedenfor. Det er valgt å benytte et «single-explanatory»-casestudie hvor det benyttes ett prosjekt der en innhenter empirisk data for å svare på oppgavens problemstillingen.

Tabell 2: Oversikt over seks ulike typer casestudier med tilhørende formål (Yin 2003).

	Singel [Enkelt prosjekt]	Multi [To eller flere prosjekt]
« Exploratory »	<u>Formål</u> : Identifisere forskningsspørsmål til bruk i et påfølgende studie.	
« Descriptive »	<u>Formål</u> : Beskrive et fenomen i kontekst av virkeligheten	
« Explanatory »	<u>Formål</u> : Forklare hvordan eller hvorfor noen hendelser har skjedd. Her ser man på årsak-virkningsforhold.	

2.3.1 Semi-strukturerte dybdeintervju

Det ble funnet hensiktsmessig å benytte semi-strukturerte dybdeintervjuer da målet var å innhente meninger, holdninger og erfaringer. I semi-strukturerte dybdeintervju stilles det åpne spørsmål hvor det er rom for digresjoner som kan være relevant for problemstillingen (Tjora, 2012), men intervjuet struktureres ved å følge en intervjuguide. Nøkkelpersoner i prosjektledelsen hos byggherre og entreprenør ble valgt som enheter for analysen. I tillegg ble det valgt å inkludere prosjekteringsgruppen for å få data fra deres ståsted. Det ble videre valgt å benytte Tjoras (2012) dybdeintervjustruktur i intervjuene. Denne strukturen består av tre faser – oppvarming, refleksjon og avrundning – med ulike typer spørsmål og innhold. I tabellen nedenfor vises fasenes innhold.

Tabell 3: Fasene i et dybdeintervju og hva de innebærer (Tjora, 2012).

Fase:	Innhold:
Oppvarming	Innledende korte og konkrete spørsmål om informanten.
Refleksjon	Kjernen av intervjuet. Informanten går i dybden i forskningstemaet.
Avrunding	Normaliserer situasjonen og informerer hva som vil skje med dataen og videre arbeid med oppgaven.

Det ble opprettet en intervjuguide som ble distribuert, i godt tid i forkant av intervjuene, til samtlige informanter. Intervjuguiden kan ses i vedlegg III. Varigheten på intervjuene var ca. en time. Lokasjonen til de forskjellige intervjuene ble gjort på informantens arbeidsplass slik de hadde gode og trygge rammer. Det ble benyttet lydopptak for å ta opp intervjuene slik en fikk bedre mulighet til å analysere dataen i ettertid. Alle intervjuobjektene godtok bruk av lydopptak. I tabellen nedenfor gis det en oversikt over hvilke nøkkelpersoner som ble intervjuet.

Tabell 4: Nøkkelpersoner som ble intervjuet.

	Firma	Prosjektstilling
1	Statsbygg	Prosjektleder
2	Statsbygg	Tidligere prosjektleder
3	Statsbygg	Prosjektleder produksjon
4	Statbygg	Prosjekteringsleder
5	ÅF Advansia	Hovedbyggeleder
6	ÅF Reinertsen	Prosjekterende Teknisk
7	Skanska	Prosjektleder
8	Skanska	Formann

2.3.2 Dokumentstudie

For å studere prosjektets rammer og situasjon ble det utført et dokumentstudie. Et dokumentstudie er ifølge Tjora (2012) en kvalitativ datagenereringsmetode hvor en bruker andre dokumenter som er produsert til andre formål. Prosjektet Urbygningen var også caseprosjekt for to andre forskningsprosjekter, BA2015³ (Kristensen, 2016) og SamBIM⁴ (Bråthen and Moland, 2015). Disse rapportene ble også studert. Tabellen nedenfor viser hvilke dokumenter som inngikk i dokumentstudiet.

³ BA2015 er en nasjonale satsning for BAE-næringen. For info se <http://www.BA2015.no>

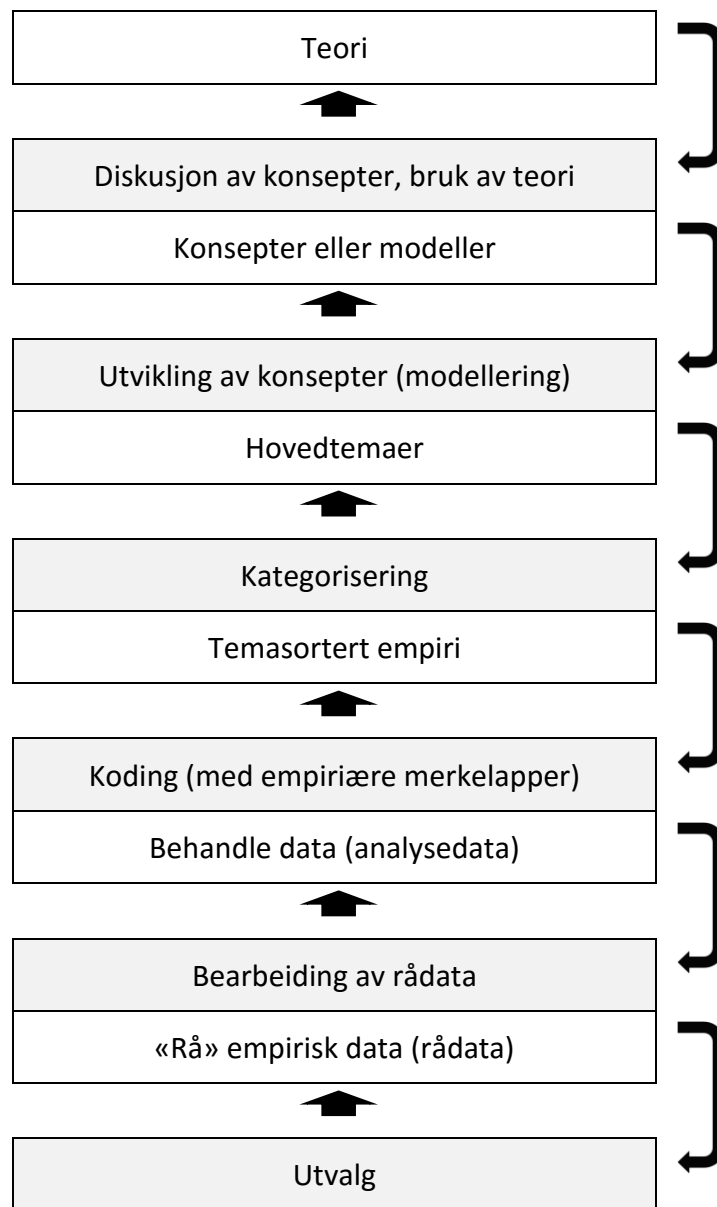
⁴ For informasjon om forskningsprosjektet SamBIM se <https://www.ntnu.no/ab/sam-bim>

Tabell 5: Dokumenter som inngikk i dokumentstudiet.

Dokument	Forfatter	Type	Gradering
Styringsdokument	-	Prosjektdokument	Lukket
Framdrifts- og taktplaner	-	Prosjektdokument	Lukket
PA-bok for prosjektet	-	Prosjektdokument	Åpen
Tilbudsinvitasjon til entreprenør og prosjekteringsgruppe	-	Anbudsdokument	Åpen
Lean – Samhandlingsnotat	-	Anbudsdokument	Åpen
Organisasjonskart	-	Anbudsdokument	Åpen
Samhandling med BIM og Lean i detaljprosjekteringsfasen på Urbygningen ved NMBU	Ketil Bråthen og Leif E. Moland	SamBIM-rapport	Åpen
Lean i Urbygningen: Case-rapport	Kai Håkon Kristensen	Rapport til Statsbygg i forbindelse med BA2015	Lukket

2.3.3 Analyse av kvalitativ data

Stegvis-deduktiv induktiv metode (SDI) (Tjora, 2012), ble benyttet for å redusere kompleksiteten med å analysere den innhentede kvalitative dataen. Ved bruk av SDI starter man med innhentet data som kodes inn i temasortert empiri. Deretter kategoriseres disse for så å utvikle konsepter og teori. Trenges det mer data, eller bedre koding følger man pilene nedover og starter igjen derfra. I følge Tjora (2012) er SDI ikke en lineær, men en iterative modell. Likevel kan det være gunstig å se på modellen som dels lineær for å skape systematikk og framdrift i analysen. I figuren nedenfor illustreres metoden skjematisk.



Figur 3: Stegvis-deduktiv induktiv metode, SDI. Figur fritt etter Tjora (2012).

2.3.4 Feilkilder

Casestudiets empiriske data er basert på nøkkelpersoners meninger og erfaringer. Informantenes fordommer og andre skjevheter kan gi utslag på dataen.

2.4 Forskningens kvalitet

Reliabilitet (pålidelighet) og validitet (gyldighet) er to kriterier som oftest brukes som indikatorer på kvaliteten i kvalitativ forskning (Tjora, 2012). Kvalitetsindikatorerne som er benyttet i dette underkapittelet er:

- **Begrepsvaliditet** som beskriver hvor god sammenheng det er mellom hva som er kartlagt og hva som faktisk er tilfellet.
- **Intern validitet** som beskriver årsaksforholdet.
- **Ekstern validitet** som beskriver hvorvidt resultatet kan generaliseres utenfor studiet.
- **Reliabilitet** som beskriver resultatets etterprøvnbarhet - Kan man utføre studiet igjen og få det samme resultatet?

2.4.1 Litteraturstudiet

I litteraturstudiet er det identifisert forskjellig litteratur som tar for seg det samme temaet. Dette øker gyldigheten (begrepsvaliditeten) til masteroppgavens teorikapittel. Kildekritikkmetoden TONE har også bidratt til å øke gyldigheten og pålideligheten til litteraturen. Når det gjelder pålidelighet (reliabilitet) er denne relativt lav da undertegnede bestemmer selv hvilke søkeord som benyttes. Dette fører til at søkeresultatet vil variere i forhold til hvilke søkeord som oppfattes som viktig og blir benyttet.

2.4.2 Casestudie

For å opprettholde et egnet nivå av gyldighet og pålidelighet i casestudiet er det benyttet kvalitetstiltak gjennom arbeidet. Yin (2014) beskriver ulike tiltak som kan benyttes, og i tabellen nedenfor er det listet opp utvalgte tiltak som er benyttet i masteroppgaven.

Tabell 6: Valgte kvalitetstiltak for casestudiet. Disse er basert på Yins (2014) kvalitetstiltak.

	Tiltak benyttet for å øke kvaliteten	Når tiltaket benyttes
Begrepsvaliditet	Benytt flere beviskilder (Informanter) Tilsihte å etablere en kjede av bevis Nøkkelinformanter ser gjennom rapportens utkast	Datainnsamling Datainnsamling Utforming av rapport
Indre validitet	Undersøke mønstersammenhenger Se på motsetninger	Analyse av data Analyse av data
Ytre validitet/ Generaliserbarhet	Benytt teori sammen med casestudiet.	Analyse av data
Reliabilitet	Benytt intervjuguide Opprette en database der innhentet data kodes inn i temasortert empiri	Datainnsamling Databelhandling

2.5 Alternativ metode

Ved valg av forskningsmetoder ble det også vurdert andre metoder. Et Casestudie av typen «multi-exploratory» ble vurdert, hvor en studerte to prosjekt og sammenlignet disse med hverandre og litteraturen. Dette ble ikke valgt fordi det var vanskelig å få tilgang til to relevante caseprosjekter.

Som supplerende metoder i «singel-explanatory»-casestudiet ble observasjoner og spørreundersøkelser vurdert. Begge disse metodene ble valgt bort på grunn av at caseprosjektet var i slutfase. Observasjoner, der en observerer prosjektgjennomføringen, hadde trolig vært nyttig for å se hvordan de ulike Lean Construction-metodene ble benyttet. Dersom en hadde utført observasjoner i slutten av prosjektet ville disse trolig ikke vært representativ for byggefasen. Spørreundersøkelse blant arbeiderne kunne gitt nyttig data. Dette ble likevel valgt bort da prosjektet nærmet seg slutten med et svært redusert arbeidsomfanget.

2.6 Prosess for vitenskapelig artikkel

2.6.1 IGLC2016-prosessen

For å publisere en vitenskapelig artikkel til konferansen IGLC2016 må en gjennom flere etapper og godkjenninger. Den første etappen var «**Abstract**». Her skulle en utarbeide et sammendrag av forskningen på maksimalt 300 ord og som inneholdt følgende punkter:

- Problemstilling
- Formål
- Forskningsmetode
- Resultat
- Begrensninger
- Implikasjoner/relevans
- Verdi for andre forskere

Innleveringsfristen for første etappe var 12. februar 2016. Sammendraget til artikkelen ble godkjent og arbeidet med artikkelen fortsatte.

Neste etappen var «**Fullpaper + A3 submission**» som hadde innleveringsfrist 22. april 2016. Her skulle en levere ferdigskrevet artikkel og A3-rapport. Artikkelen skulle maksimalt være 10 sider lang inkludert referanseliste, samt følge konferansens dokumentformatering. Det var for både artikkelen og A3-rapporten utarbeidet en ferdig mal som undertegnede benyttet.

Artikkelen og A3-rapporten ble deretter anonymisert og fagfellevurdert av to andre bidragsyterene til konferansen. Det ble gitt en tilbakemelding som besto av en poengsum, kommentarer, spørsmål og flere nyttige forbedringsforslag. På bakgrunn av fagfellevurderingen vurderte IGLC-komiteen om artikkelen hadde høy nok kvalitet for å bli publisert. Artikkelen ble vurdert som «accepted with minor changes» og godkjent for neste etappe.

Siste etappe var «**Camera-Ready submission**». Her skulle artikkelen og A3-rapporten revideres i henhold til tilbakemeldingene. I de tilfellene der undertegnede, med støtte fra veileder, ikke var enig i fagfellevurderingskommentarene ble det argumentert for dette ved innlevering. Fristen for endelig levering av ferdig artikkel var 10. juni 2016. Artikkelen og A3-rapporten ble levert innen fristen og artikkelen var klar for konferansen IGLC 2016.

2.6.2 Fordeling av arbeidsoppgaver

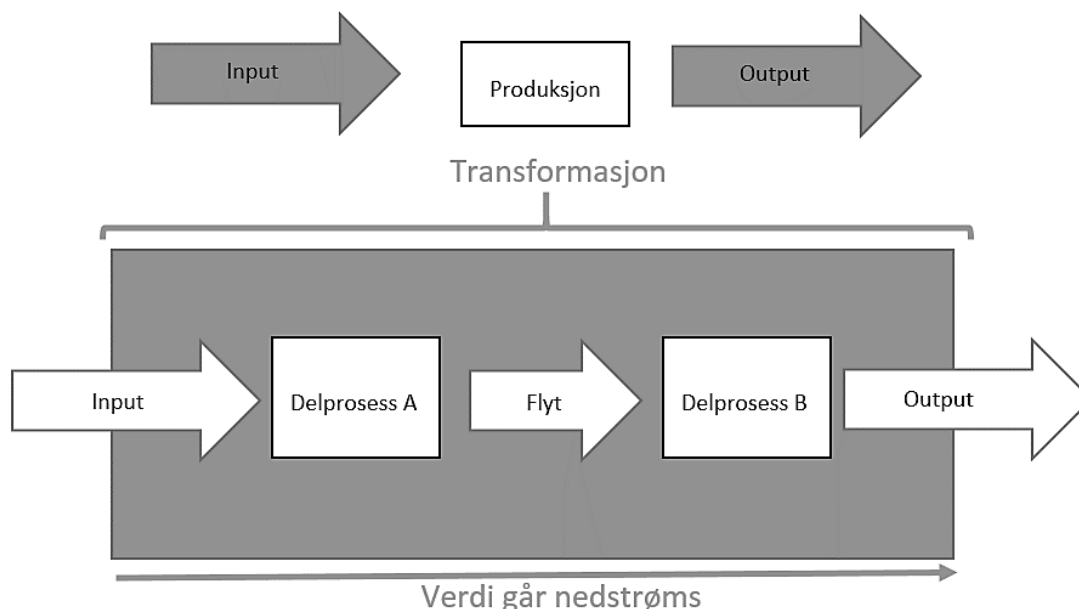
Min veileder, Frode Drevland, er medforfatter på «Del 2: Vitenskapelig artikkel». Foruten ordinær veiledning har Drevland bidratt med å øke den språklig kvaliteten til artikkelen. Formatet til artikkelen er komprimert og det var ekstra viktig at innholdet var presist, noe som «språkvasken» bidro til. Innholdet og strukturen til artikkelen er utarbeidet av undertegnede.

3. TEORETISK RAMMEVERK

Det tredje kapittelet har til hensikt å skape et teoretisk grunnlag for oppgaven. Her presenteres relevant teori tilpasset oppgavens problemstilling. Først presenteres produksjonsteori. Deretter forklares begrepene «Lean», «Lean Construction» og grunnleggende Lean-terminologier. Videre beskrives produksjonssystemstyring og Lean-prosjektgjennomføring. Til slutt beskrives Last Planner System, Takt-planlegging, ICE og Lean Six Sigma.

3.1 Produksjonsteori: TFV-teorien

Innenfor produksjonsteori har man tre store konsepter: Transformasjons-, flyt-, og verdikonseptet (Koskela et al., 2002). Koskela (2000) framla i sin doktoravhandling en produksjonsteori som tok hensyn til alle disse tre produksjonskonseptene – TFV-teorien. TFV står for transformasjon, flyt og verdi. Disse tre konseptene er ifølge TFV-teorien komplementære teorier og ikke alternative konkurrerende teorier (Koskela, 2000). Sammenhengen mellom konseptene er illustrert i figuren nedenfor.



Figur 4: Illustrasjon av TFV-modell fritt etter Østby-Deglum et al. (2013).

3.1.1 Transformasjon

Transformasjon er verdiskapende delprosesser som omgjør input (ressurser) til output (produkter). Transformasjonskonseptet, der produksjon handler om å transformere input til

output, har vært det dominerende konseptet gjennom 1900-tallet. Transformasjonskonseptet er god til å oppdag hvilke oppgaver som er verdiskapende, men dårlig til å unngå sløsing og sikre kundekrav (Koskela et al., 2002). Ifølge Koskela et al. (2002) har transformasjonskonseptet to hovedmangler.

1. Det forsømmer at andre fenomener kan oppstå enn transformasjon.
2. Man ser på transformasjon i seg selv som verdiskapende for outputen. Man glemmer her at outputen er verdiskapende når den er formet til kundens krav.

3.1.2 Flyt

Flyt er ikke-verdiskapende aktiviteter som binder sammen de verdiskapende aktiviteter til transformasjonsmodellen (Koskela, 2000). For å skille mellom verdiskapende aktiviteter (transformasjon) og ikke-verdiskapende aktiviteter (flyt) må man se på prosesser gjennom kundens øyne (Liker, 2004) - Hva er verdiskapende for kunden? Kunden er i denne sammenheng alle nedstrømmottakerne.

Flyt i prosesser henger tett sammen med gjennomløpstiden («Work in progress»). Lang gjennomløpstid gir dårligere flyt i prosessen fordi fokuset forflyttes fra det kunden faktisk ønsker, primærbehov, til ikke-verdiskapende sekundærbehov (Modig and Åhlström, 2012a). Sekundærbehov oppstår som en konsekvens av at primærbehovet ikke blir tilfredsstilt, man får merarbeid som ikke gir merverdi – Sløsing. Gjennomløpstiden påvirkes ifølge Modig og Åhlström (2012) av tre lover:

- Littles lov om kø-teori
- Loven om flaskehals
- Variabilitetsloven

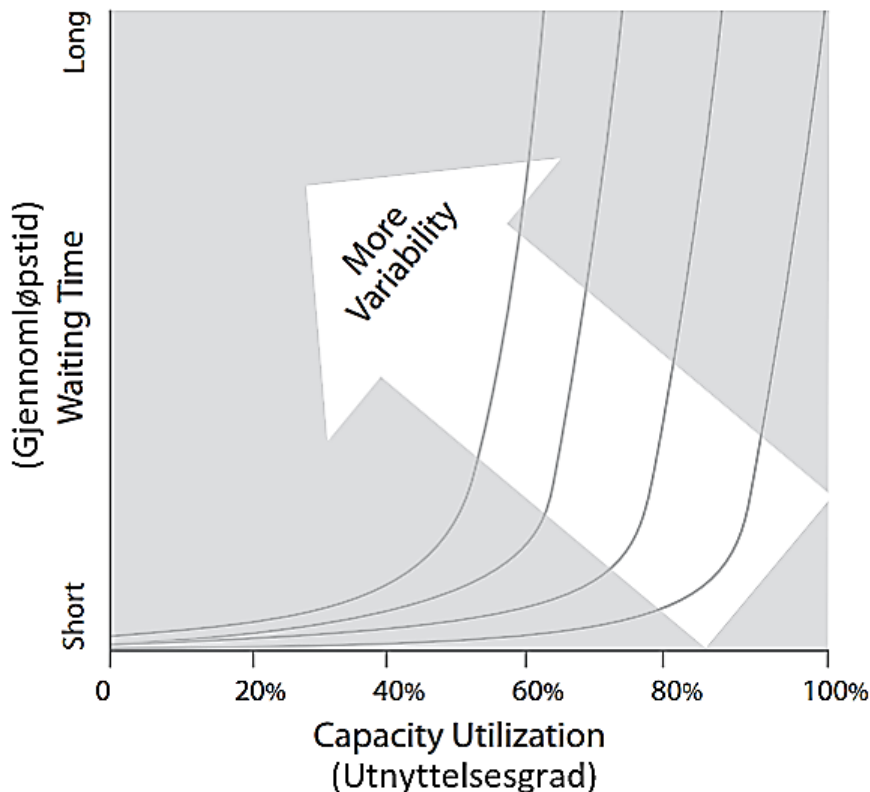
Littles lov beskriver lengden på gjennomløpstid (WIP, «Work in progress») og er produktet av antall enheter i prosessen pr tidsenhet (TH, «throughput») multiplisert med syklustiden (CT, «Cycle time») (Hopp and Spearman, 2011). Syklustiden beskriver hvor lang tid en enhet tar å fullføre. Loven er nokså enkel og gjennomløpstiden øker dersom antallet enheter eller syklustiden øker.

$$WIP = TH * CT$$

Loven om flaskehals sier at gjennomløpstiden øker når det er flaskehals i prosessen (Modig and Åhlström, 2012a). En flaskehals er det stadiet i prosessen som tar lengst tid (Rolfsen, 2014) – mer presist det stadiet i prosessen som har lengst syklustid. Det er to grunner

for at flaskehals oppstår: Man er tvunget til å utføre prosessen i en bestemt rekkefølge og påvirkning av variabilitet (Goldratt et al., 2004).

Variabilitet handler om at ting varierer (Østby-Deglum et al., 2013). Variabilitetsloven uttrykkes slik: «Økning av variabilitet i et produksjonssystem degraderer alltid ytelsen til systemet» (Hopp and Spearman, 2011). Desto mer variabilitet man har, desto dårligere blir ytelsesgraden og gjennomløpstiden. Dette illustreres i figuren under.



Figur 5: Grafen viser sammenheng mellom gjennomløpstid, utnyttelsesgrad (ressursforbruk) og graden av variabilitet. Figur hentet fra Ferdows et al (2004).

For å håndtere variabilitet i produksjon benyttes **bufferne**. Det er ifølge Hopp og Spearman (2011) tre kategorier for bufferne: kapasitets-, inventar- og tidsbufferne. En eller flere av disse bufferne vil alltid bufre variabilitet i et produksjonssystem (Hopp and Spearman, 2011).

3.1.3 Verdi

Verdiaspektet handler om å levere det kunden ønsker. Det finnes ingen felles definisjon, innenfor Lean Construction-miljøet, på hva verdi er (Drevland and Jardar, 2015). Ifølge Drevland og Lohne (2015) er en forenklet definisjon svaret på Likers (2004) spørsmål «Hva ønsker kunde fra denne prosessen?». Dette gjelder samtlige nedstrømmottakere, både den interne kunden og ekstern sluttkunde.

3.2 Hva er Lean Construction?

3.2.1 Toyotas produksjonssystem

Lean eller Lean Produksjon har sitt opphav fra bilprodusentens Toyotas produksjonssystem, «Toyota Production System (TPS)». Filosofien bak TPS ble utarbeidet av ingeniør Taiichi Ohno (Ohno, 1988). Visjonen til Ohno var å produsere en bil med spesifikke kundekrav, levere den umiddelbart og ikke benytte noe mellomlager (Howell, 1999). Ohnos visjonen var altså å ikke benytte noen form for buffere, ha en gjennomløpstid lik null og tilpasse hvert produkt til hver enkelte kundes ønskede spesifikasjoner.

Termen «Lean» ble første gang introdusert av John Krafcik (1988) for å beskrive Toyotas enkle og slanke, men flyteffektive produksjonssystem (Modig and Åhlström, 2012a).

3.2.2 Lean Construction

Lauri Koskela utfordret byggebransjen på starten av 1990-tallet til implementere «den nye produksjonsfilosofien» som han kalte Lean Produksjon. Navnet Lean Construction ble etablert for Lean i byggebransjen i 1993 (Ballard and Howell, 2003).

Lean Construction er ifølge Koskela et al. (2002) ikke en ren kopi av Lean Produksjon tilpasset byggebransjen, men en ny teoribasert metodelære basert på TFV-teorien og hvor en har hentet teoretisk inspirasjon fra Lean Produksjon. Til tross for at det ikke er en kopi av Lean Produksjon, har Lean Construction hentet flere av metodene og verktøyene fra Lean Produksjon fordi de også i byggeprosjekter er velegnet.

3.2.3 Definisjon på Lean Construction

Faglitteraturen har igjen felles definisjon på hva begrepet «Lean» innebærer (Modig and Åhlström, 2012a, Rolfsen, 2014). Dette skyldes at det finnes ulike abstraksjonsnivå eller perspektiver av begrepet Lean. Lean kan ifølge Rolfsen (2014) defineres som en organisasjonstrend, en ledelsesfilosofi, et sett med prinsipper og et sett med praksiser eller metoder.

Lean som **organisasjonstrend** har et lite presist innhold, men man kan identifisere en felles kjerne som omhandler det å effektivisere. Lean som en **ledelsesfilosofi** er en filosofi som omhandler å skape kunde verdi og bekjempe sløsing, samt kontinuerlig og systematisk forbedre prosesser og organisasjoner (Rolfsen, 2014).

Lean som et sett med **prinsipper** kan ses på som fem prinsipper (Womack and Jones, 1996):

1. Spesifiser verdi fra kundens perspektiv
2. Identifiser verdistrømmen, og eliminer alle trinn som ikke skaper verdier
3. Skap flyt gjennom verdistrømmen.
4. Skap «pull» gjennom verdistrømmen og sikre at man produserer etter faktisk forespørsel.
5. Perfeksjoner verdistrømmen gjennom kontinuerlig forbedring og standardisering.

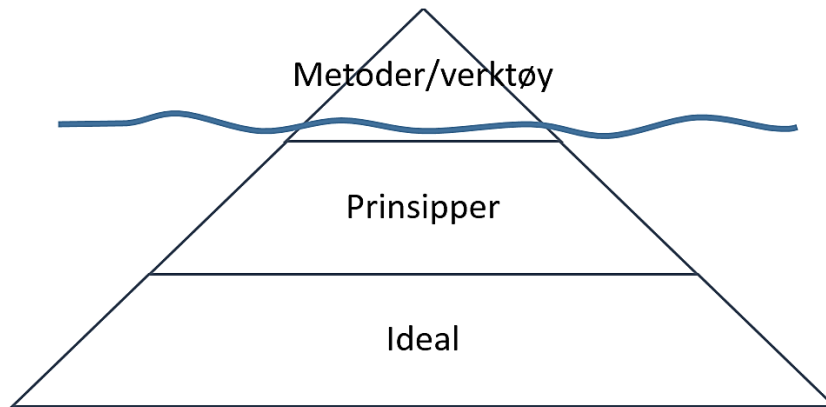
Liker (2004) har utarbeidet fjorten prinsipper for Toyotas produksjonssystem, men essensen av samsvarer med Womack og Jones (1996) fem prinsipper (Rolfesen, 2014). For å tilpasse seg ulikheten fra Lean Produksjon utarbeidet Koskela elleve prinsipper for å designe, kontrollere og forbedre flytprosesser i praksis for byggeprosjekter (Koskela, 1992):

1. Redusere andelen av ikke-verdiskapende aktiviteter
2. Øke outputverdien gjennom systematisk revurdering av kundebehov.
3. Redusere variabilitet.
4. Reduserer syklustid.
5. Forenkle prosess og produkt.
6. Øke output-fleksibiliteten.
7. Øke prosessgjennomsiktigheten.
8. Kontrollfokus på den komplette prosessen.
9. Bygge inn kontinuerlig forbedring i prosessen.
10. Balansere flyt- og transformasjonsforbedring.
11. Benchmarking (Måling av ytelse).

I følge Shah og Wards (2007) er lean noe man gjør – Et sett med **praksiser**. Shah og Wards deler praksisene inn i tre overordnede praksiser: Leverandør- og kunderelatert praksiser som tar hensyn til flyt gjennom verdikjeden og operasjonelle praksiser. Operasjonelle praksiser består av tre kategorier som er Just-in-time, standardisering og kontinuerlig forbedring.

Til tross for at det mangler en felles definisjonen for Lean har undertegnede valgt å benytte seg av Glenn Ballards, en pioner innen Lean Construction-miljøet, **definisjon på Lean Construction** for denne masteroppgaven. Lean Construction kan defineres som en ledelsesfilosofi. Denne ledelsesfilosofien er definert av idealet man søker, prinsippene man følger i jakten på idealet og de metodene man benytter for å implementere prinsippene og idealet (Ballard, 2016).

Lean Construction er med andre ord en ledelsesfilosofi som består av idealet til Taiichi Ohno – å maksimere kunde verdi og minimere sløsing, Koskelas elleve prinsipper og Lean-verktøy og -metoder tilpasset byggebransjen. Denne ledelsesfilosofien kan illustreres som et isfjell, vist i figuren under. Fundamentet til isfjellet er her idealet, deretter kommer prinsippene og rett over vannoverflaten, som man faktisk kan se, ligger verktøyene og metodene.



Figur 6: Definisjonen av Lean Construction som et isfjell.

3.2.4 Norsk kultur og Lean

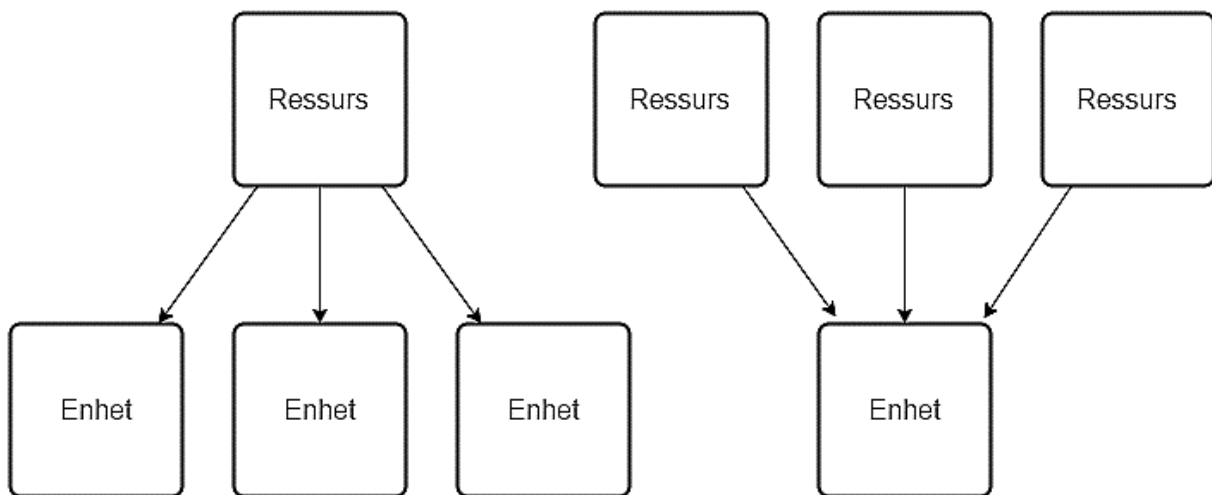
Leans røtter stammer fra Japan. Tar man hensyn til kulturforskjellen mellom Japan og Norge er denne stor. Det kan derfor være naturlig å stille spørsmålet: «Fungerer Lean Construction sammen med den norske arbeidskulturen?» Det som skiller norsk arbeidsliv fra andre land er graden av samarbeid, partnerskap mellom fagforbund og ledelse, arbeidsmiljø og ledelse (Rolfesen, 2014).

Gjennom forskningsprosjektet «Lean Operations» konkluderes det med at disse norske særegenhetene er forenelig med Lean-tankegangen (Rolfesen, 2014). Graden av selvstendig gruppearbeid står sterkt i norsk arbeidsliv som står i stil med Lean-tankegangen hvor gruppen skal være med å utvikle standardiseringer basert på egne erfaringer, og kvalitetssikre og planlegger sitt eget arbeid. Samarbeid mellom tillitsvalgte og ledelse kan øke forståelsen av Lean-implementering.

Et trygt og godt arbeidsmiljø vil føre til økt kvalitet, orden og bedre rammer for standardisering og læring. Dette stemmer godt overens med Lean- tankegangen. Norsk ledelse kalles av Levin et al. (2012) for demokratisk ledelse. Demokratisk ledelse er ifølge Rolfesen (2014) i tråd med Lean-verdier og er definert som: «Et samarbeid med tillitsvalgte gjennom partnerskap, sterkt fokus på medvirkning i daglig arbeidsutførelse, at en kjenner virksomheten godt og har et langsiktig perspektiv på endring».

3.2.5 Effektivitetsmatrisen: Flyt- og transformasjonseffektivitet

Transformasjonseffektivitet (Koskela, 2000), eller resurseffektivitet som Modig og Åhlström (2012a) kaller det, har fokus på at en ressurs skal maksimere verdiskapende tid på flere enheter, som vist i figuren under. Dette er den tradisjonelle betraktningen på effektivitet (Koskela et al., 2002) som framstår logisk for de fleste (Wig, 2013). Transformasjonseffektivitet handler om å fokusere på transformasjon fra input til output (Koskela et al., 2002) og øke gjennomføringshastigheten på verdiskapende aktiviteter (Modig and Åhlström, 2012a).

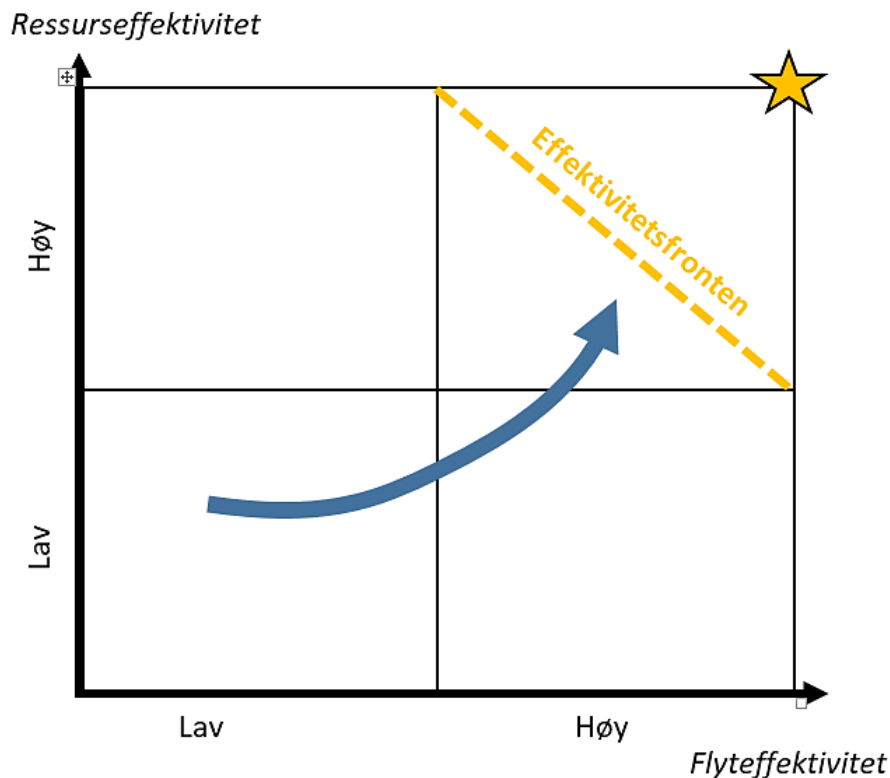


Figur 7: Figur til venstre: Transformasjonseffektivitet fokuserer på at en ressurs maksimere verdiskapende tid på flere enheter. Figur til høyre: Flyteffektivitet fokuserer på at flere ressurser maksimere verdimottakende tid på en enhet. Figur fritt etter Modig og Åhlström (2012a).

Flyteffektivitet, definert av Modig og Åhlström (2012a), har fokus på at flere ressurser maksimere en enhets verdimottakende tid, som vist i figuren ovenfor. I produksjonsindustrien flyter enheter gjennom prosessen (Wig, 2013), mens i byggeprosjekter er enheten stasjonær og prosessen flyter gjennom enheten (Koskela et al., 2002). For et mer konkret eksempel se kapittel 3.9 Taktplanlegging. Poenget ved flyteffektivitet er å maksimere tettheten på verdioverføringen og luke bort ikke-verdiskapende aktiviteter.

Simplifisert kan Lean ifølge Modig og Åhlström (2012a) forklare som en effektivitetsmatrise, se figur under. Matrisen beskriver forholdet mellom flyt- og transformasjonseffektivitet. Målet er å nå den teoretiske perfekte tilstand, illustrert som stjernen i figuren under, der man har høyest mulig flyt- og transformasjonseffektivitet. Det største hinderet for å nå den perfekte tilstanden er variabilitet. Jo mer variabilitet man har jo lenger bort fra den perfekte tilstand kommer man. Variabiliteten er illustrert i figuren som en «Effektivitetsfront». Selv om man aldri klarer å nå

den perfekte tilstand, stjernen, tilstreber man kontinuerlig å nå målet ved hjelp av kontinuerlig forbedring.



Figur 8: Effektivitetsmatrisen. Y-aksen viser graden av transformasjonseffektivitet og X-aksen viser flyteffektivitet. Stjernen beskriver den teoretisk perfekte tilstand som er målet. Den blå pilen illustrerer bevegelsen bruk av Lean gir. «Effektivitetsfronten» illustrerer hvordan variabilitet begrenser muligheten til å oppnå full effektivitet. Figur fritt etter Modig og Åhlström (2012a).

Ifølge Modig og Åhlström (2012a) prioriter Lean flyt- foran transformasjonseffektivitet. Slik beveger man seg hele tiden til høyre i matrisen. Fokuset på flyteffektivitet gjør et en luker bort sløsing og dette vil indirekte påvirke transformasjonseffektivitet ved at ressurser blir mer effektivt utnyttet. Denne bevegelsene er illustrert i figuren ovenfor som en blå pil.

3.2.6 Lean er et middel, ikke målet

Et viktig moment som bør trekkes fram når en snakker om implementering av Lean Construction er å ha riktig fokus. Det å benytte Lean er ikke målet i seg selv, men det er et middel for å nå prosjektets mål. Hvorfor benytter Toyota seg av standardisering er rett fokus, ikke hvordan benytter Toyota seg av standardisering. Dersom man har fokus på målet skapes det ifølge Modig og Åhlström (2012a) fleksibilitet, mens fokus på middelet skaper flere begrensninger.

3.3 Grunnleggende Lean-terminologier

3.3.1 Sløsing

Sløsing er aktiviteter som ikke gir merverdi (Koskela, 2000), altså flytaktiviteter. Nødvendig sløsing og ren sløsing er de to typene man har av sløsing (Østby-Deglum et al., 2013). Nødvendig sløsing er aktiviteter som man med dagens teknologi ikke klarer seg uten. Selv om det er nødvendig sløsing er det viktig å ikke bare godta nødvendig sløsing. Etter hvert som teknologien blir bedre finnes det kanskje muligheter til å omgjøre noen av disse aktivitetene til ren sløsing og fjerne dem.

Ren sløsing kan forklares som unødvendige aktiviteter (Østby-Deglum et al., 2013). Det er denne sløsing man ønsker å få bort eller minimere slik at man får bedre flytprosesser. Det er ifølge Liker (2004) åtte hovedkategorier for sløsing, som vist i tabellen nedenfor.

Tabell 7: Åtte hovedkategorier for sløsing Liker (2004).

Hovedkategorier for sløsing	Forklaring - Eksempler
Overproduksjon	Produserer mer enn nødvendig.
Venting	Arbeiderne venter på ferdigstilling av foregående oppgaven.
Unødvendig transport	Øker gjennomløpstiden med unødvendig lang transport.
Overprosessering	Tar unødvendige ekstra steg for å produsere produkter.
Inventar	Overskuddslager av material på byggeplass
Unødvendig bevegelser	Går fram og tilbake mellom arbeid.
Defekter	Feilprodusering som må omgjøres.
Dårlig utnyttelse av de ansattes kreativitet	Går glipp av tidsbesparinger, forbedringer og tidsbesparelser.

3.3.2 Just-in-time

Just-in-time, JIT, handler om å skape bedre flyt mellom delprosesser ved å fjerne buffere (Rolfesen, 2014). Det produseres når det er meldt et faktisk behov slik at en oppnår en «pull-effekt» eller et sug i prosessen. Dette er det motsatte av den tradisjonelle «push-effekten» hvor en skyver arbeid foran seg. Ved bruk av JIT oppdages avvik i leveranser umiddelbart, og man

får frigitt bundet kapital fra mellomlagre. En utfordring med JIT er at det krever mye koordinering av arbeidet og at man blir lettere utsatt for forstyrrelser.

3.3.3 Benchmarking

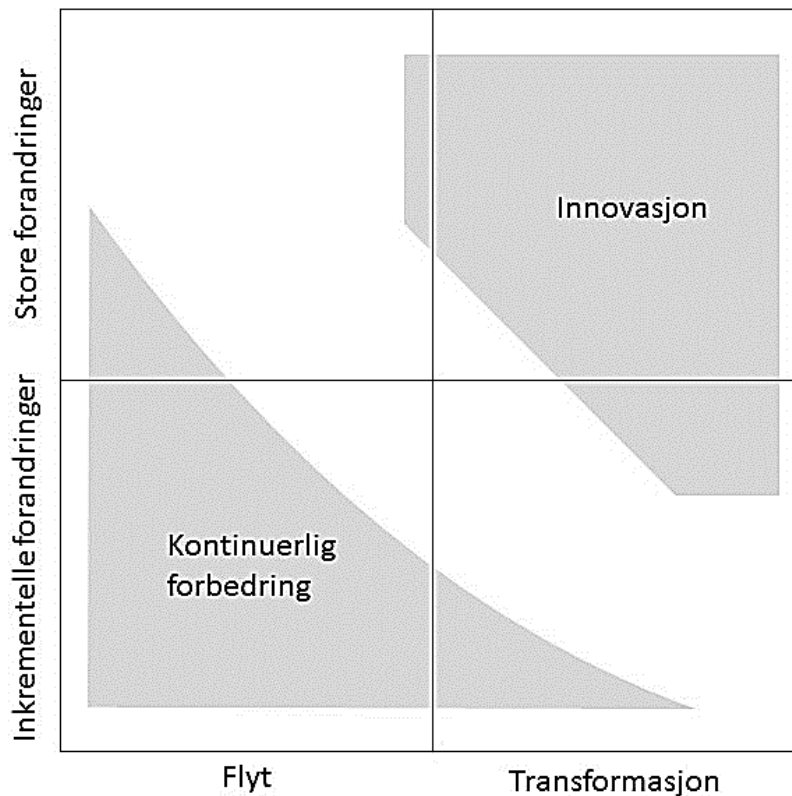
For å kunne forbedre og styre prosesser må man måle dem (Moore, 2011). Benchmarking er derfor viktig for å forstå dagens situasjon i forhold til hvor man ønsker å være. Moore (2011) trekker fram at benchmarking er essensielle for å få svar på to viktige spørsmål:

- Gjør vi de riktige tingene?
- Får vi det riktige resultatet?

Benchmarking er et verktøy for å få kontinuerlig forbedring (Jonsson, 1996). Formidling av målingsresultatet til alle prosjektdeltakere er viktig for å gi felles forståelse av at man gjør en bedre jobb enn tidligere og hvorfor eventuelle nye tiltak blir igangsatt (Moore, 2011).

3.3.4 Kontinuerlig forbedring

kontinuerlig forbedring eller «Kaizen» på japansk (Liker, 2004) er at man opprettholder og forbedrer arbeidsoppgaver gjennom små trinnvise forbedringer. (Koskela, 1992). Fokuset for kontinuerlig forbedringer er å forbedre flytprosesser ved bruk av interne ressurser. Det er viktig at man skiller mellom kontinuerlig forbedringer og innovasjons. Innovasjon er større endringer som krever mer ressurser og gjennomføringsevne og fokuserer på transformasjonsprosesser. Figuren under illustrerer forskjellen mellom kontinuerlig forbedring og innovasjon.



Figur 9: Forskjellen mellom kontinuerlig forbedring og innovasjon. Figur fritt etter Koskela (1992).

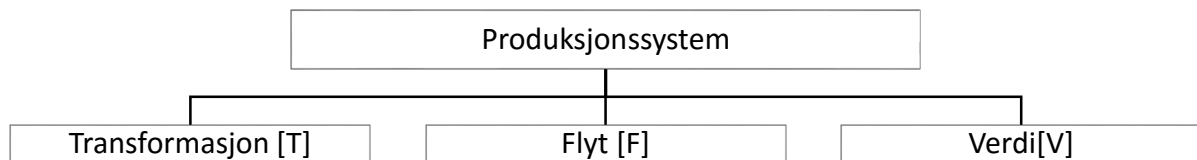
3.3.5 Standardisering

Standardisering er ifølge Rolfsen (2014) at arbeidsoppgaver deles inn i omfang, rekkefølge eller outputkvalitet. Det finnes to typer standardiseringer: Produkt- og prosesstandardisering. Hensikten med standardisering er å perfektionere og oppnå best praksis. Standardisering skjer gjennom forslag fra arbeiderne – En «bottum-up»-tilnærming.

Standardisering og kontinuerlig forbedring er nært knyttet sammen. Kontinuerlig forbedring ser på standardiserte metoder som hypoteser på best praksis (Koskela, 1992). Slik «tvinges» man til å kontinuerlig søke etter bedre standardiseringsløsninger.

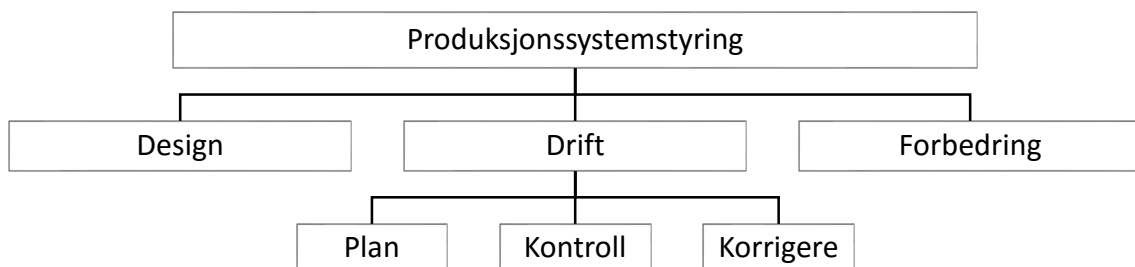
3.4 Produksjonssystemstyring

Ifølge Koskela (2000) består alle produksjonssystem av transformasjon [T], flyt [T] og verdi [V], som figuren under illustrerer. Alle produksjonssystem som tilstreber TFV-teoriens mål er et Lean-prosjektgjennomføringssystem («Lean Project Delivery System») (Koskela et al., 2002).



Figur 10: Produksjonssystem og TFV-teorien.

Prosjekter kan ses på som midlertidige produksjonssystemer, som blir supplert med materialer, informasjon og ressurser (Ballard and Howell, 2003). Koskela et al. (2002) beskriver Lean som en måte å designe produksjonssystemer på for å minske sløsing og generere mer verdi. Produksjonssystemstyring, eller med andre ord prosjektledelse, kan fordeles inn i tre termer: «Design», «Drift» og «Forbedring» (Koskela, 2001), illustrert i figuren under.



Figur 11: Produksjonssystemstyring. Figur fritt etter Ballard og Howell (2003).

3.4.1 Design

Hensikten med Design, også kalt «Work Structuring» eller arbeidsstrukturering, er å utforme produksjonssystemet fra organisasjonsstruktur til hvordan selve arbeidet skal utføres (Ballard et al., 2001b). Designfokus til produksjonssystemet i tradisjonell prosjektledelse har primært vært på selve organisasjonen, og i mindre grad fokusert på driften. Arbeidsstrukturering skal tilrettelegge for produksjonssystemers tre fundamentale mål: Leverer produktet [T], minimere sløsing [F] og maksimere verdi [V] (Koskela, 2000). Selve arbeidsstruktureringen skal utformes slik at den ivaretar aktørenes mål hvor det å innrette aktørenes interesser er en viktig del (Ballard et al., 2001a).

3.4.2 Drift

Drift er delt inn i tre undernivåer: «Plan», «Kontroll» og «Korrigerings» (Ballard and Howell, 2003). Plan skal sette spesifikke mål for produksjonssystemet. Kontroll benyttes for å sikre at en oppnår framdrift i henhold til plan. Å korrigere handler om å endre virkemidler eller de satte målene ved behov underveis i gjennomføringen.

3.4.3 Forbedring

Forbedring handler om å innføre en systematikk i prosjektet for læring, kontinuerlig forbedring og standardisering.

3.5 Rammeverk for suksessfullt endringsarbeid

For å få til suksessfulle endringer i et system eller prosjekt må aktørene ifølge Larson (2003) ha fem elementer på plass, som vist i matrisen under: En klar visjon, inneha de nødvendige ferdighetene det nye systemet krever, ha incentiver eller motivasjon, ha tilstrekkelig ressurser og følge en handlingsplan.

Visjon	+	Ferdigheter	+	Insentiv	+	Ressurser	+	Handlingsplan	=	Endring
Visjon	+	Ferdigheter	+	Insentiv	+	Ressurser	+	Handlingsplan	=	Forvirret
Visjon	+	Ferdigheter	+	Insentiv	+	Ressurser	+	Handlingsplan	=	Bekymret
Visjon	+	Ferdigheter	+	Insentiv	+	Ressurser	+	Handlingsplan	=	Gradvise endringer
Visjon	+	Ferdigheter	+	Insentiv	+	Ressurser	+	Handlingsplan	=	Frustrert
Visjon	+	Ferdigheter	+	Insentiv	+	Ressurser	+	Handlingsplan	=	Falsk start

Figur 12: Larsons (2003) fem elementene for suksessfull systemimplementering.

Blir en av disse faktorene utelatt feiler endringene og man får følgende resultat:

- Uten en visjon blir man forvirret.
- Uten nødvendige ferdigheter blir man bekymret.
- Uten incentiver får man bare gradvise endringer.
- Uten tilstrekkelige ressurser blir man frustrert.

- Uten en handlingsplan får man en «falsk start» og etter hvert vet man ikke hva som skal gjøre.

3.6 Lean-prosjektgjennomføring

3.6.1 utfordringer knyttet til tradisjonell prosjektgjennomføring

Byggeprosjekter er komplekse, har høy usikkerhet og skal raskt ferdigstilles (Shenhar and Laufer, 1995). Dagens prosjekter er med andre ord dynamiske, der det er stor sannsynlighet for at endringer oppstår. Dette skaper utfordringer for tradisjonell prosjektgjennomføring.

I tradisjonell prosjektgjennomføring brytes prosjektet ned i aktiviteter ved hjelp av «Work Breakdown Structure» (WBS) (Koskela et al., 2002). Ut fra dette kan en identifisere den logiske rekkefølgen ved hjelp av «Critical Path Method» (CPM). Deretter estimeres tidsbruk og kostnader for aktiviteter og ansvar delegeres for hver av aktivitetene. Problemet med CPM er at aktivitetene sjeldent er sammenkoblet i en slik forenklet kjede. Her ignoreres flyten mellom aktivitetene og fokuset er på transformasjonen.

I både prosjektering- og byggefasen bestemmer tidsplanen når aktiviteter skal starte (Koskela et al., 2002). Dette kan føre til at aktiviteter blir startet før nødvendige foranstående aktiviteter er ferdigstilt eller at andre nødvendige forberedelser ikke er gjort. Framdriftskontrollen av å sammenligne faktisk output i forhold til estimerte verdier – Er aktiviteter eller prosjektet i samsvar med de estimerte kostnadene og tiden? Kontrollen tar ikke hensyn til usikkerhet og situasjonelle faktorer. Dette fører til liten sammenheng med virkeligheten.

Når det gjelder måloppnåelse jobber prosjektleder for å oppfylle prosjektmålene, mens hver enkelt aktivitet prøver å oppnå eller forbedre sin egen estimerte ytelse (Koskela et al., 2002). Aktiviteter blir altså optimalisert hver for seg. Dette kan føre til at prosjektet som en helhet blir sub-optimalisert.

Tradisjonell prosjektgjennomføring ønsker å gi sluttkunden verdi ved å fullføre i henhold til planlagt design, tid, kostnad og kvalitet (Koskela et al., 2002). Prosjektlederen skal med andre ord prøve å gi sluttkunden verdien som er presentert i starten av prosjekter, uten å ta hensyn til dynamikken i prosjektet.

3.6.2 Lean-prosjektgjennomføring

Lean-prosjektgjennomføring er ifølge Koseka et al. (2002) alle produksjonssystem som forfølger TFV-teoriens mål, der noen systemer er mer «Lean» enn andre. En sammenligning av karakteristikken til Lean- og tradisjonell prosjektgjennomføring vises i tabellen nedenfor.

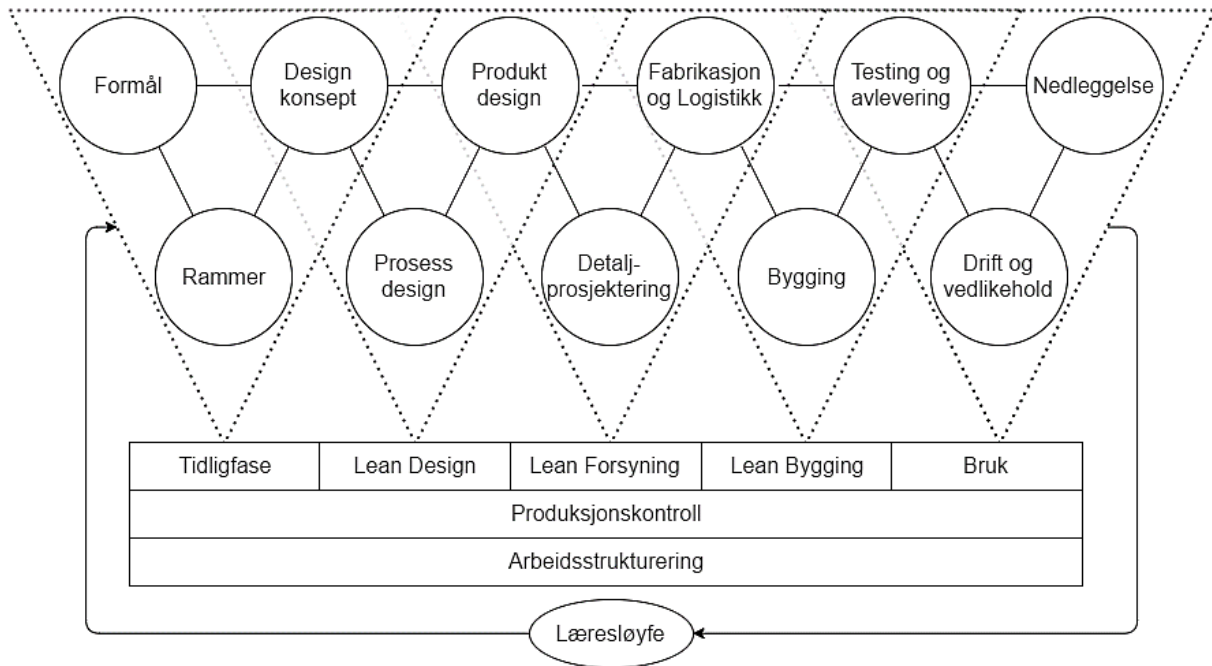
Tabell 8: Sammenligning mellom tradisjonell prosjektgjennomføring og Lean-prosjektgjennomføring. Tabell fritt etter Koskela et al. (2002).

Lean-prosjektgjennomføring	Tradisjonell prosjektgjennomføring
Fokus på produksjonssystemet	Fokus på transaksjoner og kontrakter
TFV-mål	T-mål
Nedstrømmottakere er involvert i oppstrøms bestemmelser.	Bestemmelser blir gjort sekvensielt av spesialister.
Produkt og prosess blir prosjektert sammen.	Først blir produkt prosjektert, deretter prosessen.
Prosjekteringen tar hensyn til alle livssyklusfasene.	Prosjekteringen tar ikke hensyn til alle livssyklusfasene.
Aktiviteter blir utført i det siste ansvarlige øyeblikket («the last responsible moment»).	Aktiviteter blir utført så fort det er mulig.
Tilstreber systematisk for å redusere leveransekedens gjennomløpstid.	Separate organisasjoner knyttes sammen gjennom markedet og tar det som tilbys.
Innarbeider kontinuerlig læring i prosjektet, bedriften og leveransekedens.	Læring skjer sporadisk.
Interessentenes har felles innrettede interesser.	Interessenter har ikke felles innrettede interesser.
Størrelse og plassering på buffere er tilpasset systemets variabilitet.	Prosjektdeltakere lager store inventar for å sikre sine egne interesser.

3.6.3 Lean Project Delivery System

«Lean Project Delivery System» (LPDS) er et Lean-prosjektgjennomføringssystem utarbeidet av Glenn Ballard og «Lean Construction Institute» (Ballard, 2000a, Ballard, 2008). LPDS er et komplett system som tilstreber TFV-målene og inkludert flere av de gode aspektene ved moderne prosjektledelse (Koskela et al., 2002). Figuren under illustrere fasene til LPDS som overlappende trekantede. Hver fasetrekant har tre elementer hver. Det er viktig å poengtere at LPDS ikke er et ferdigutviklet system, der arbeidet med de første fasene, «Tidligfase» og «Lean

Design», har kommet lengst (Ballard, 2008). Gjennom samtlige faser er det systematikk for produksjonskontroll, arbeidsstruktur og læresløyfe.



Figur 13: Gjennomføringssystemet «Lean Project Delivery System». Figur fritt etter Ballard (2008).

En forskjellen fra tradisjonelle faseplaner er fasetrekantene. Disse tar hensyn til at faser faktisk overlapper hverandre. Første fase er «**Tidligfase**» eller «**Project Definition**». Her er skal en generere og innrette kundens formål, restriksjoner og midler til å utarbeidet et konsept. Prosjektteamet skal ikke bare gi kunden det den ønsker, men hjelpe kunden å forstå hva han faktisk ønsker (Ballard, 2008).

Neste fase er «**Lean Design**». Målet her er å utvikle og innrette konsept, prosess- og produktdesign på et funksjonelt nivå. Det elementet som her skiller seg fra tradisjonelle prosjekt er graden av fokus på prosessdesign. Prosessdesign går ut på at man samtidig med produktdesign tenker på selve arbeidsprosessen til prosjektet (Ballard, 2000a). Et virkemiddel som benyttes i denne fasen er «Set-based Design» der en tar endelige beslutninger i det siste ansvarlige øyeblikket («Last responsible moment») (Koskela et al., 2002). Enkelt forklart er «Set-based Design» at man jobber med flere alternativer samtidig og videreutvikler dem for til slutt å se hva som blir best. Beslutningen på hvilket alternativ som skal bli brukt tas i det siste ansvarlige tidspunkt for å nå den planlagte sluttdatoen. Dette er en metode for å unngå negative iterasjoner i designfasen, altså iterasjoner som ikke gir merverdi. «Set-based Design» vil genererer mindre sløsing enn de negative iterasjonene vil skape (Ballard, 2000b).

Videre følger fasen «**Lean Forsyning**» eller «**Lean Supply**» hvor en detaljprosjekterer prosjektet, prefabrikerer eller kjøper inn materialer og planlegger logistikk av leveranser og lager på byggeplass. Selve logistikkplanleggingen er en videreføring av prosessdesign hvor en detaljerer type, størrelse og plassering av buffere. (Ballard, 2000a)

Når de første leveranser er levert går man over til fasen «**Lean Bygging**» eller «**Lean Assembly**», selve byggefasen. I denne fasen er det en nøkkelfaktor å koordinere leveranser og arbeid. Slik kan man sikre velfungerende arbeidsoppgaver og beregne størrelsen på nødvendige buffere (Ballard, 2000a). Byggefasen går over til fasen «**Bruk**» når nøklene er overlevert til kunde. «Testing og avlevering» eller prøvefasen slutter når bygget fungerer i henhold til kundens ønsker. Skal man måle prosjektets totale varighet skal hele prøvefasen tas med (Koskela et al., 2002).

Produksjonskontrollen gjennom prosjektet utføres ved hjelp av Last Planner System. Langs hele prosjektets varighet har man en overordnet «**Work Structuring**» eller **arbeidsstrukturering**. Hensikten med dette elementet er å få den overordnede arbeidsflyten i prosjektet til å bli pålitelig og effektiv, mens en levere verdi til kunden (Ballard, 2000a). Dette gjøres ved å fokusere på å innrette prosessdesign sammen med produktdesign, leveransekjeder og fordeling av ressurser. Arbeidsstrukturering skal gi svar på følgende grunnleggende spørsmål innen prosessdesign:

- I hvilke biter skal arbeidsoppgavene bli tildelt arbeidslag?
- I hvilken rekkefølge skal de ulike arbeidslagene jobbe?
- I hvilke biter skal arbeid overføres fra et arbeidslag til et annet?
- Hvor trengs det buffere og hvor store skal de være?
- Når skal de ulike bitene av arbeid bli gjort?

Etter prosjektet er ferdigstilt gjennomføres det en evaluering av produkt og prosess – «**Læresløyfe**» (Koskela et al., 2002). Sløyfen tar lærdommen med seg til neste prosjekt. Kontinuerlig forbedring skjer også gjennom hele prosjektgjennomføringen og denne knyttes sammen med Last Planners kontroll.

3.7 Systematisk tilnærming av prosjektgjennomføring

Både tradisjonell og Lean-prosjektgjennomføring («Lean Project Delivery») kan ses på som et system bestående av de tre elementene: Prosjektorganisasjon («Project Organization»), Operativsystem («Operating system»), og Forretningsvilkår og Risikostyring («Commercial terms and Risk management») (Thomsen et al., 2009). Tabellen nedenfor illustrerer forskjellen mellom tradisjonell og Lean-prosjektgjennomføring gjennom en systematisk tilnærming.

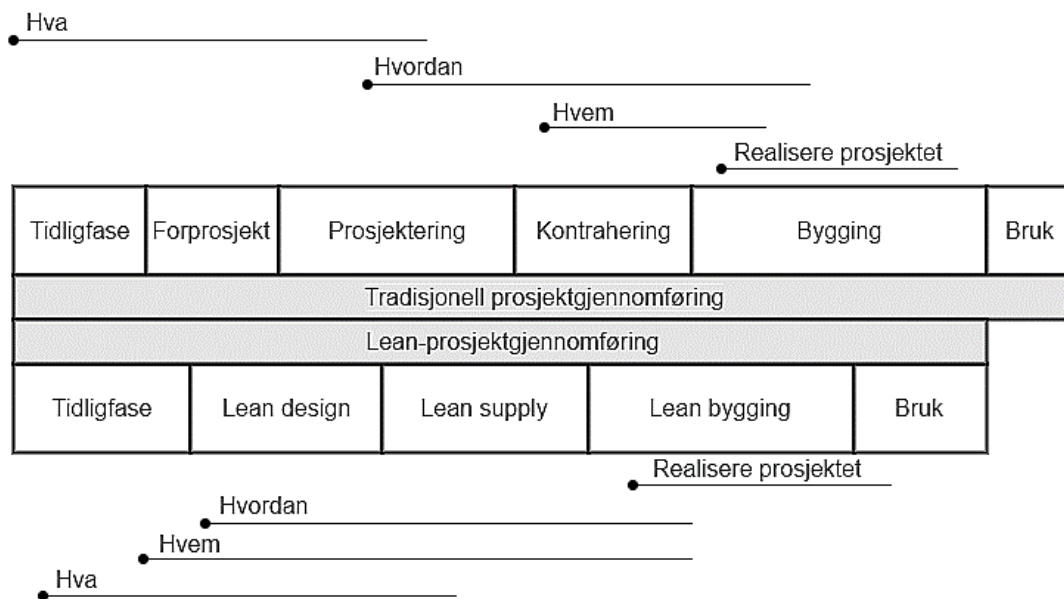
Tabell 9: Sammenligning mellom tradisjonell og Lean-prosjektgjennomføring. Tabell fritt etter Howell et al. (2013).

	Organisasjon	Operativsystem	Forretningsvilkår
Tradisjonell	«Kommando and kontroll»	Transformasjonscentrert	Transaksjoner
Lean	Samarbeid	Flytsentrert	Relasjoner

3.7.1 Prosjektorganisasjon

Elementet prosjektorganisasjon handler om anskaffelsesmetoder, kontraktstrategi og organisasjonsledelse av prosjektaktørene både før og under selve prosjektgjennomføringen (Zimina et al., 2012).

Tradisjonelt har prosjektorganiseringen vært slik at hvert fag har sine gjøremål og forsvinner ut av prosjektet når de er ferdige. Dette kan føre til at man mister informasjon og potensielle synergieffekter (Zimina et al., 2012). Lean-prosjektgjennomføring tilstreber å kontrahere prosjektdeltakere allerede i tidligfase (Howell et al., 2013). Slik får man utnyttet kompetansen hos nedstrømmottakere i oppstrømbestemmelser. Tidslinjen i figuren under illustrerer denne forskjellen. Studerer en tidslinjen ser en at Lean-prosjektgjennomføring tidlig identifiserer hvem (hvilke utførende aktører) som skal delta i prosjekt og hvordan prosjektet skal gjennomføres. Slik kan utførende aktør være med å påvirke løsninger for byggbarhet.



Figur 14: Sammenligning av tradisjonell og Lean-prosjektgjennomføring. Figur fritt etter Howell et al. (2013).

Zimina et al. (2012) poengterer det å velge de riktige folkene er essensielt for samarbeid og suksess i Lean-prosjektgjennomføring. Et virkemiddel er her å unngå anbudskonkurranser og heller benytte en ideell utvelgelse basert på intervju og tidligere samarbeid. Dette kan dog være vanskelig i offentlige prosjekter i Norge, hvor regelverket om offentlig anskaffelser slår inn.

Tradisjonelt sett har kommando og kontroll vært metoden for å lede prosjektorganisasjonen. Lean-prosjektgjennomføring tilstreber en ledelsesmetode som baserer seg mer på samarbeid (Howell et al., 2013).

3.7.2 Operativsystem

Det andre elementet, operativsystem, handler om å få prosjektteamet til å fungere som et team – Det ekte samarbeidet (Zimina et al., 2012). I følge Howell et al. (2003) er dette elementet, mer eller mindre, fraværende i tradisjonell prosjektgjennomføring. Lean Construction-verktøy og metoder kan bli benyttet, men til slutt handler det om å etablere en Lean-kultur gjennom prosjektledelse (Zimina et al., 2012).

3.7.3 Forretningsvilkår og risikostyring

Det siste elementet, forretningsvilkår og risikostyring, handler om kontrakter, risiko og godtgjørelse. Tradisjonell prosjektgjennomføring benytter forretningsvilkår basert på transaksjoner, mens Lean-prosjektgjennomføring benytter mer relasjonsorienterte vilkår (Howell et al., 2013). Kontraktstyper som relasjonskontrakter, partnering og IPD (Matthews and

Howell, 2005) er derfor ønskelig i Lean-prosjektgjennomføring. Dette gir et bedre grunnlag for samarbeid mellom aktørene.

Tradisjonell prosjektgjennomføring fordeler og overfører risiko mellom aktørene – Risikoen blir «gjemt» inn i forretningsvilkårene (Zimina et al., 2012). En entreprenør vil deretter videresende risikoen nedover i leveransekjeden. En slik risikoforskyvningen er ifølge Zimina et al. (2012) bare en illusjon fordi det alltid er kunden som til slutt vil lide av konsekvensene.

I Lean-prosjektgjennomføring forstår aktørene risikoen og deler den (Howell et al., 2013). Først reduseres risiko gjennom operativsystemet ved å måle og forbedre arbeidsflyten. Deretter blir risikoen redusert på grunn av at prosjektorganisasjonen samarbeider for å redusere den (Zimina et al., 2012).

3.8 Last Planner System

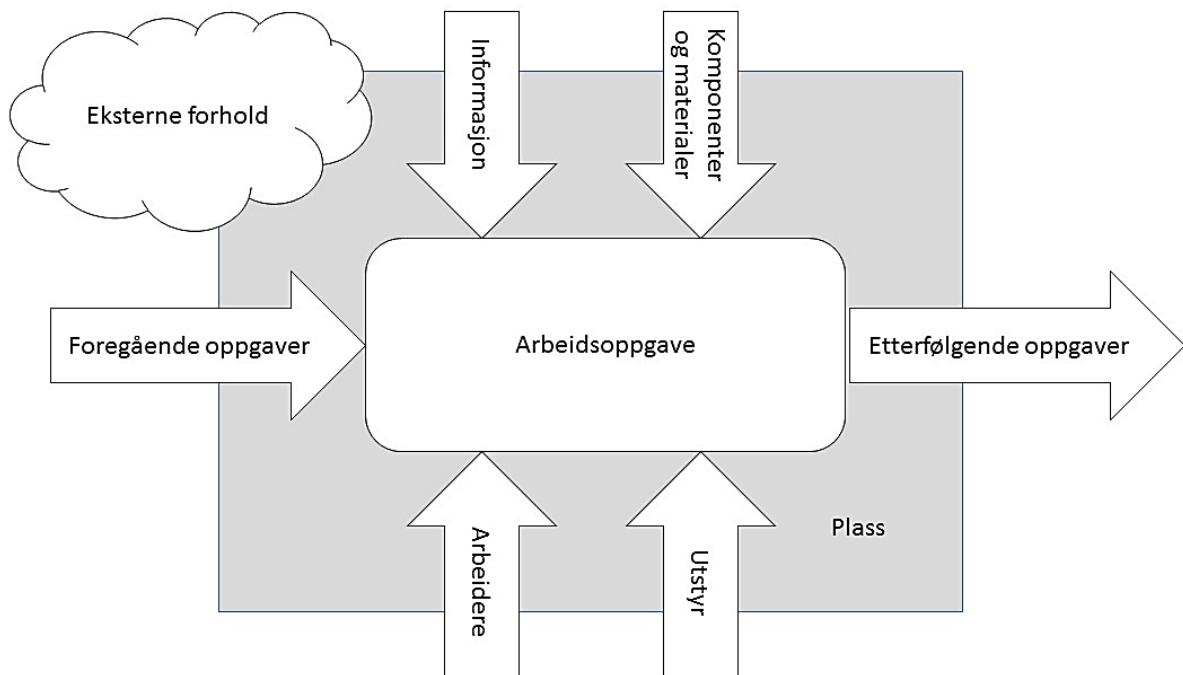
Last Planner System (LPS) (Ballard, 2000c) er et planlegging- og styringsverktøy som er utviklet av Glenn Ballard. LPS har to grunnleggende funksjoner, produksjonsenhetskontroll og arbeidsflytkontroll. Navnet «Last Planner» stammer fra tanken om at det er de som skal utføre arbeidet som skal planlegge det.

3.8.1 Produksjonsenhetskontroll

Produksjonsenhetskontroll handler om kontroll på enhetsnivå (Ballard, 2000c). En suksessfaktor for kontroll på enhetsnivå er god kvalitet på framdriftsplanene. For å få til dette må hver arbeidsoppgave ha følgende karakteristikker:

- Arbeidsoppgavene er godt definert
- Arbeidsoppgavene skal komme i rett rekkefølge
- Arbeidsoppgavene skal ha passe størrelse
- Arbeidsoppgavene må være sunn

Ved å tilrettelegge for «**sunne oppgaver**» kan man øke kvaliteten. Det er syv forutsetninger som må oppfylles for å få sunne oppgaver (Bertelsen et al., 2006), illustrert i figuren nedenfor: Informasjon, materialer, foregående arbeid, mannskap, utstyr, plass og eksterne forhold.



Figur 15: Syv forutsetninger for sunne oppgaver. Figur fritt etter Østby-Deglum et al. (2013).

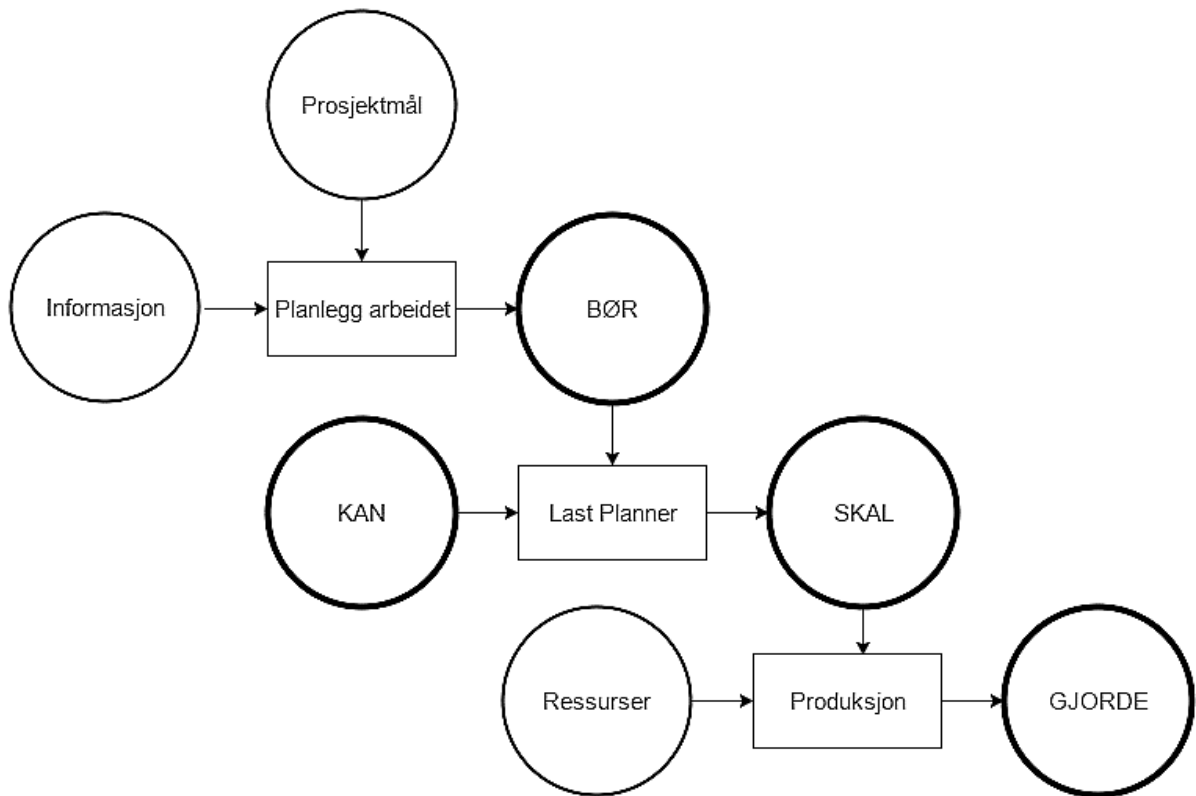
For å måle ytelsen til planleggingsystemet utføres en indirekte måling av fullførte arbeidsoppgaver i forhold til plan (Ballard, 2000c). Denne målemetoden kalles for «**Prosent Planlagt Utført**» (PPU) eller «**Percent Plan Complete**» (PPC). Ved å måle PPU måler man planens pålitelighet og dette vil kunne skape forpliktelse blant de ansatte. Nedenfor vises formelen for PPU.

$$PPU = \frac{\text{Antall planlagte aktiviteter utført}}{\text{Totalt antall planlagte aktiviteter}} = [\%]$$

PPU identifiserer aktiviteter som ikke ble fullført henhold til plan. Slik blir det enklere å undersøke rotårsakene til problemet og gjennomføre forbedringer. PPU er derfor et nyttig verktøy for å få inn kontinuerlig forbedring i prosjektet.

3.8.2 Arbeidsflytkontroll

Arbeidsflytkontroll skal sikre god flyt mellom produksjonsenhetene ved å koordinere arbeidsflyten (Ballard, 2000c). LPS benytter et pull-system som er illustrert i figuren nedenfor. Det som skiller dette systemet fra et tradisjonelle push-system er «**bør-kan-skal-gjorde-prosessen**». Tradisjonelle push-system opererer med en «bør-skal-prosessen». LPS sitt pull-system fører til et proaktivt system i motsetning til det tradisjonelle reaktive push-systemet. Pull-systemet forteller først hva som «bør» gjøres og deretter hva som «kan» gjøres, for så å bestemme hva som «skal» gjøres og til slutt sammenlignes det med hva som ble «gjort».



Figur 16: Pull-systemet til Last Planner System.

LPS opererer med forskjellige **plannivåer**, strategiske planer og operative planer som vist i tabell nedenfor, hvor detaljeringsgraden øker gradvis nedover i nivåene (Ballard, 2000c).

Tabell 10: Last Planner Systems planhierarki.

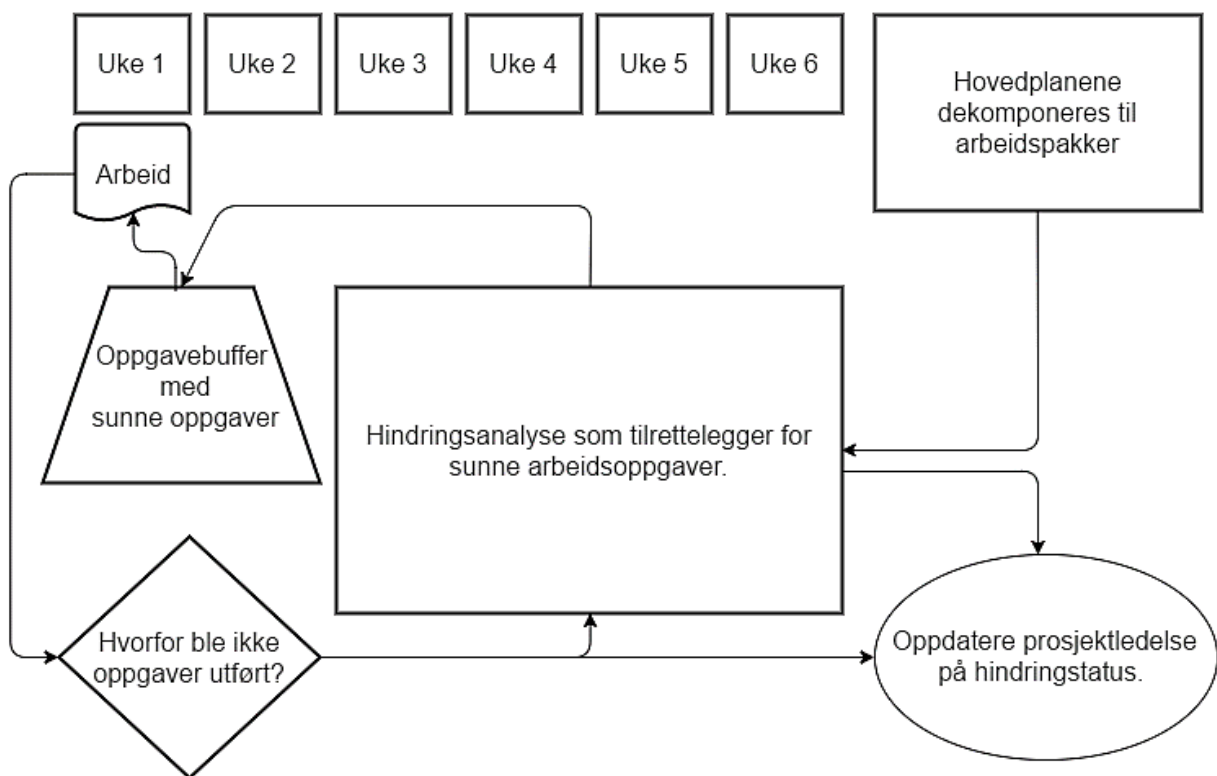
Nivå	Planhierarki	Funksjon
Strategisk	Hovedplan	Oversikt
	Faseplan	Bør
Operativ	Utkikksplan	Kan
	Ukeplan(er)	Skal

De strategiske planene er hovedplan og faseplan. **Hovedplan** viser prosjektets faser gjerne med milepæler hentet fra kontrakt. **Faseplan** er en plan for hver fase og utføres ved hjelp av «bakover-planlegging» («pull-planning»). Man startet her med prosjektets slutt og planlegger fram til start. Faseplanen beskriver hva som bør gjøres.

De operative planene er utkikksplan og ukeplaner. **Utkikksplan** er et utsnitt fra faseplan som kontinuerlig rullerer, gjerne med et seks-ukers perspektiv. Her planlegges hva som faktisk kan

gjøres. **Ukeplaner** er planer med høyt detaljeringsnivå som beskriver hva som skal gjøres i løpet av en arbeidsuke. «The Last Planners», bas og formenn som skal utføre arbeidsoppgavene, utarbeider ukeplanene.

Hovedverktøyet for å sikre arbeidsflytkontroll er **utkvikksplan** (Ballard, 2000c). Figuren under viser skjematisk seks-ukers utkvikksplan som flyter fra høyre til venstre. Seks uker før arbeidet skal utføres dekomponeres hovedplan og faseplan ned til arbeidspakker som «bør» gjøres. Deretter utføres en hindringsanalyse som tilrettelegger for sunne arbeidsoppgavene. Kan man ikke gjøre oppgaven sunn, blir den satt på vent. Sunne oppgaver som «kan» gjøres legges inn i rett rekkefølge i oppgavebufferen. En ønsker å opprettholde en oppgavebuffer tilsvarende to arbeidsuker. Slik kan man sikre kontinuerlig framdrift. Ut fra oppgavebufferen lages ukeplaner. «The Last Planners» utarbeider ukeplanene som beskriver hva som «skal» gjøres. Ved bruk av PPU-ytelse sammenlignes arbeidsoppgaver som ble «gjort» med hva som ble planlagt. Dette gir et grunnlag for å gjennomføre kontinuerlige forbedringstiltak.



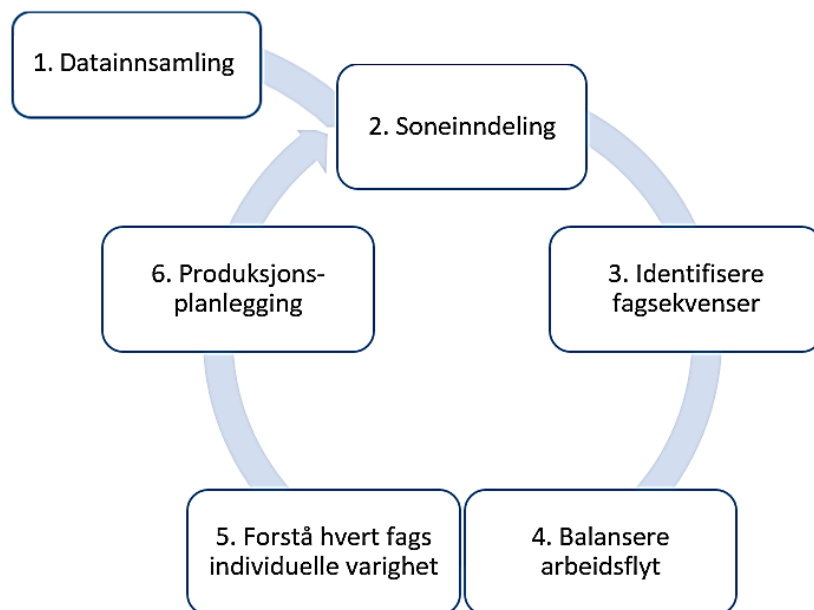
Figur 17: Arbeidsflytkontroll som en skjematisk utkvikksplan. Figur fritt etter Ballard (2000c).

3.9 Taktplanlegging

Taktplanlegging er en metode som opprinnelig stammer fra Lean Produksjon hvor produksjonsmengden blir tilpasset etterspørselsmengden (Liker, 2004). Hensikten med taktplanlegging er å opprette en produksjonsplan som skaper balansert arbeidsflyt – stabilt og pålitelig tempo for hvert fag – gjennom et bestemt arbeidsområde eller sone (Frandsen et al., 2015). Hvert fag skal fullføre arbeidet, tilhørende en sone, innen en gitt tid som kalles takt tid. Taktplanlegging omtales ofte som et tog som kjører gjennom bygningen hvor hver vogn representerer et fag. I produksjonsindustrien er det omvendt, her er det produktet som kjører gjennom arbeidslagene.

I casestudiet, som er undersøkt i oppgaven, benyttes en form for taktplanlegging som Porsche Consulting har utarbeidet, «Porsche Takt». På grunn av proprietære forhold er det vanskelig å presentere Porsche Takt i denne masteroppgaven. Det velges derfor å basere innholdet i dette kapittelet på en prinsipielt tilsvarende metode Takt Time Planning (Frandsen et al., 2013, Frandsen et al., 2014, Frandsen et al., 2015).

For å ta hensyn til prosjektets dynamikk og usikkerhet, som ikke kan reduseres, benyttes kapasitetsbufferer. Man legger inn en «slakk» i planen som tilsvarer for eksempel 70% av faktisk kapasitet. Taktplanlegging gir svar på arbeidsstruktureringens grunnleggende prosessdesignspørsmål gjennom en seks-steps iterativ prosess (Frandsen et al., 2013), illustrert i figuren under.



Figur 18: Taktplanleggings seks-steps iterative prosess.

Tabellen nedenfor beskriver hvert steg av denne iterative prosessen.

Tabell 11: Taktplanleggingens iterative prosess (Frandsen et al., 2013, Frandsen et al., 2015).

Iterasjonssteg	Forklaring
1. Datainnsamling	<p>Innhenter data fra hvert fag og fra det samlede produksjonsteamet. Produksjonsteamet setter deretter et overordnet produksjonsmål som beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Takt-tid - Fagsekvens - Arbeidssoner <p>Deretter bruker hvert fagene tegningsunderlaget for å markere sin ideelle arbeidsflyt, og hvilke antagelser flyten blir basert på. Forskjellige alternativ blir utarbeidet gjennom en Set-based Design-prosedyre som til slutt ender opp i en faseplan. Faseplanen skal ta hensyn til prosjektets helhet.</p>
2. Soneinndeling	<p>Soneinndeling er første steg i iterasjonen. Sonene defineres etter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faseplanen - En helhetlig vurdering av datainnsamlingen. - Perspektivet til det faget som trolig vil bli flaskehalsen.
3. Identifisere fagsekvens	<p>Produksjonsteamet tar hensyn til sekvensielle avhengigheter og setter sammen rekkefølgen på toget. Det er her viktig å etablere hvilke rutiner som skal gjelde ved overlevering av en sone fra et fag til neste fag.</p>
4. Balansere arbeidsflyt	<p>Ut ifra sonen og fagsekvensen balanseres arbeidsflyten. Sentrale spørsmål er:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hvilke faglige aktiviteter må modereres og hvilke må framskyndes? - Kan sonene tilpasses bedre for å balansere arbeidsflyten? - Må noe av arbeidet gjøres «off takt»?
5. Forstå hvert fags individuelle varighet	<p>For å balansere arbeidsflyten må en gjennomføre førstegangsprøver. Med andre ord prøvekjører man toget for å se om det virker. Her får en bedre oversikt over varigheten for hver enkelt sone. Slik kan en videreutvikle arbeidsflyten ved å tilpasse soner og fagsekvenser.</p>
6. Produksjonsplanlegging	<p>For å ferdigstille ferdig produksjonsplan må hvert fag validere at de kan ferdigstille arbeidet i sonene innen takt-tid og med den bestemte fagsekvensen.</p> <p>Ferdig produksjonsplanen skal inneholde en estimert kapasitetsbuffer som skal ta opp variabilitet som oppstår i bygget.</p>

Taktplanlegging gir en god synergieffekt sammen med Last Planner System (Frandsen et al., 2014). Takt gjør at aktiviteter blir delt inn i egnede størrelser og i rett rekkefølge. Videre får man en tydelig oversikt over framtidig arbeid. Dette gjør at formenn og baser bli mindre utsatt for stress fordi taktplanleggingen gir et klart svar på om en ligger før, på eller etter plan. En bieffekt av taktplanlegging er at man også skaper utfordringer knyttet til produksjonssystemet. Takt skaper en økt nødvendighet for hindringsanalyse. Feiler denne analysen, som skal klargjøre arbeidsoppgaver, vil dette påvirke hele toget og det kan spore av.

3.10 Integrated Concurrent Engineering (Samlokalisering)

«Integrated Concurrent Engineering» (ICE) kalles på norsk for samlokalisering. Metoden stammer opprinnelig fra NASA og deres «Team X» som hadde en svært effektiv form for arbeidsmetodikk (Kunz and Fischer, 2009). ICE går ut på at tverrfaglige prosjekteringsteam har et felles arbeidsrom, «Big Room», hvor en arbeider samtidig i avtalte sesjoner gjerne et par ganger i uken. For å få til en effektiv samlokalisering er følgende faktorer viktige (Kunz and Fischer, 2009):

- ICE-deltakerne er 100% tilgjengelige under møtet
- Balansere arbeidet slik at arbeidsoppgavene har en kort varighet.
- Informasjon er visuelt lett tilgjengelig for alle. Vanlig å benytte «Smart Board».
- Benytte personlige arbeidsstatsjoer hvor en har mulighet å dele innholdet på skjermen med andre.
- Utføre prosjekteringsarbeidet med minimal tilsyn fra ledelsen.
- Flat organisatorisk struktur. Vanlig å benytte en fasilitator som ordstyrer.

Effekten av ICE er at man minimerer latensen i kommunikasjonen, og legger til rette for et bedre grunnlag for kommunikasjon og samarbeid (Kunz and Fischer, 2009). Utfordringen med ICE er at sesjonen kan være intense og psykisk krevende (Østby-Deglum et al., 2013)

3.11 Lean Six Sigma

3.11.1 Six Sigma

Termen «Six Sigma» refererer til statistisk måling av et systems defekt-ratio (Clegg et al., 2010). Six Sigma er en systematisk tilnærming for prosessforbedring. Metoden er basert på statistiske målinger hvor en ønsker å redusere produkters defekt-ratio. Som navnet tilsier har systemet seks defektnivå. Målet er å oppnå mindre enn 3,4 defekter pr million produkter eller prosesser (Moore, 2011). Tabellen nedenfor illustrerer Sigma-nivåene.

Tabell 12: Six Sigmas nivåer og defekt-ratio pr. million produkt eller prosesser. Tabell fritt etter Moore (2011).

Prosent	Defekt-ratio	Sigma
30,9%	691 000	1
69,2%	308 000	2
93,3%	66 000	3
99,4%	6 210	4
99,98%	320	5
99,9997%	3	6

Ifølge Moore (2011) oppnår man nivå en til tre ved å fikse det åpenbare og utføre det grunnleggende bra. Videre oppnår man nivå tre til fem gjennom standardisering og til slutt oppnås nivå fem til seks ved å perfektjonere prosessene.

3.11.2 Sammenheng mellom Lean og Six Sigma

Både Lean og Six Sigma er filosofier som er basert på et ønske om kontinuerlig forbedring (Clegg et al. 2010). Six Sigma benytter seg av at enkelte sertifiserte personer utfører statistiske målinger for å implementere forbedringer. Mens Lean-tankegang ønsker å gjøre ting enkelt ved oppmuntre arbeiderne til kontinuerlig forbedring uten komplekse analyser.

3.11.3 Lean Six sigma

Lean Six Sigma er en integrasjon av Lean og Six Sigma hvor en benytter Lean-kulturen og Lean-metoder sammen med de statistiske analyser fra Six Sigma (Clegg et al. 2010). Ideen er at dersom Lean blir implementert uten Six Sigma mangler man konkrete verktøy for å oppnå maksimal forbedring. Motsatt, dersom man implementerer Six Sigma uten Lean-kultur, har

man et verktøy, men mangler en klar strategi eller en mekanisme som kan drive forbedringen framover.

Flere konsulentvirksomheter i Norge driver med kursing i Lean Six Sigma, hvor deltakerne får en internasjonal sertifisering (IASSC, u.d) i form av belter. Gult belte er grunnleggende, deretter kommer grønt, svart og til slutt mastersvart.

4. RESULTAT OG DISKUSJON

Det fjerde kapittelet er et kombinert resultat- og diskusjonskapittel. Kapittelet presenterer først en beskrivelse av caseprosjektet, og deretter underkapitler som refererer til hvert av forskningsspørsmålene. Resultatet blir presenterer fra casestudiet samtidig som det blir diskutert opp mot relevant teori fra det teoretiske rammeverket.

4.1 Caseprosjektbeskrivelse – Urbygningen

4.1.1 Fakta om Urbygningen

Prosjektet Urbygningen er et statlig prosjekt hvor byggherre er Statsbygg og Kunnskapsdepartementet er prosjekteier. Brukerne av bygget er Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) og bygget skal rehabiliteres til å tilfredsstille generell undervisning. Prosjektet har en revidert kostnadsrammen på 470 millioner NOK.



Figur 19: Urbygningen. Bilde hentet fra Statsbygg.no (2015).

Urbygningen, vist i bildet ovenfor, ble oppført i årene 1898-1900 som undervisningsbygg. Bygget har et bruttoareal på 8190 m² og ligger på campusområdet Ås. I 2014 ble byggets interiør, eksteriør og omkringliggende parkområder fredet med verneklasse 1. Alt av endringer i bygget må derfor godkjennes av Riksantikvaren. Bygget har tre etasjer i tillegg til loft- og kjelleretasje.

4.1.2 Overordnet prosjektframdrift

I statlige prosjekterer blir forprosjektet overlevert til departementet og gjennom politiske bestemmelser avgjøres det om prosjektet skal gjennomføres eller ikke. Det ble i 2006 utarbeidet et forprosjekt til Urbygningen. Prosjektet fikk ikke den gang den nødvendige politiske godkjenningen og det ble i 2009 startet et nytt forprosjekt som ble godkjent. Detaljprosjekteringen startet 2013 etterfulgt av en separat avdeknings og riveentreprise og selve byggefasen. Byggefasen startet 3. kvartal 2014 med en planlagt ferdigstillelse til 2 kvartal. 2015 som senere ble revidert til 2. kvartal 2016. En oversikt over prosjektets overordnede framdrift vises i tabellen under.

Tabell 13: Caseprosjektets overordnede framdrift.

Faser	Planlagt	Revidert
Skisseprosjekt og forprosjekt	2005-2006	-
Revidert forprosjekt	2009	-
Anbudskonkurranse:		
Detaljprosjektering	2013 1. kvartal	-
Generalentreprise	2014 1. kvartal	-
Detaljprosjektering	2013-2014 1.kvartal	-
Avdeknings og riveentreprise	2013 4. kvartal – 2014 2.kvartal	-
Byggestart	2014 3.kvartal	-
Ferdigstillelse	2015 2.kvartal	2016 2.kvartal
Prøvedrift	2015 2.kvartal	2016 2.kvartal
Endelig overtagelse	Årsskifte 2015-2016	Årsskifte 2016-2017

4.1.3 Kontraktstrategi

Prosjektet ble organisert som en generalentreprise med detaljprosjekteringen som en frivillig gruppeavtale. I tillegg til disse var det tre uavhengige entrepriser: Forberedende arbeid, malerarbeid og dør- og vindusrestaurering. Malerarbeidsentreprisen og dør- og vindusrestaureringsentreprisen ble tiltransportert til over generalentreprenør. Detaljprosjekteringsfasen og byggefasen besto av følgende kontrakter:

- H003 – Prosjekteringsgruppe

- K200 – Forberedende arbeider
- K201 – Generalentreprise
- K202 – Målearbeid – tradisjonelle metoder
- K203 – Dør- og vindusrestaurering

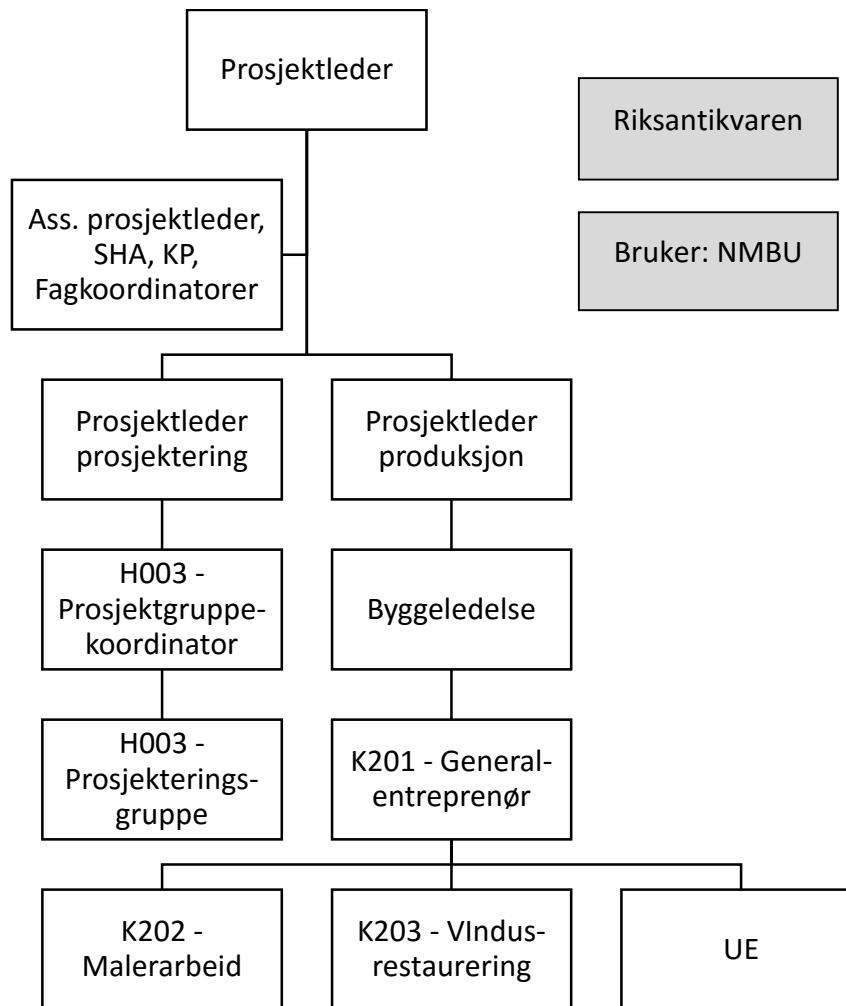
Tabellen nedenfor viser en oversikt over prosjektets kontraktstrategi.

Tabell 14: Caseprosjektets kontraktstrategi. Tabellutforming basert etter Lædre (2009).

	H003 - Prosjektering	K201 - Utførelse
Virkemidler for utvelgelse		
Prekvalifisering	Aviser tilbydere som ikke oppfyller kvalifikasjonskrav innen: Organisatorisk og juridisk stilling Økonomisk og finansiell kapasitet Tekniske og faglige kvalifikasjoner	
Tildelingskriterier	Pris (25%) Kvalitet (70%) Prosjektgruppekoordinators oppgaveforståelse og Lean-erfaring (5%)	Pris (65%) Kompetanse hos nøkkelpersoner (35%)
Kontraheringsform	Åpen anbudskonkurranse	Åpen anbudskonkurranse
Virkemidler for fordelingen av ansvar		
Ytelsesbeskrivelser	Funksjonsbeskrivelse	Mengdebeskrivelser
Avtaleform	Frivillig gruppeavtale/Prosjekteringsgruppe	Generalentreprise med tiltransport av K202 og K203
Kontraktstype	Enhetspris	Sumkontrakt
Virkemidler for prosess		
Insentiver	Dagmulkt ved for sen overlevering	
Kontraktbestemmelser	Utradisjonelle kontraktbestemmelser: Eget Lean-samhandlingsnotat der Statsbygg pålegger samhandling og bruk av BIM, og Lean Construction prinsipper og metoder.	

4.1.4 Prosjektets organisering

Prosjekts organisasjonskart er skjematisk illustrert i figuren nedenfor.

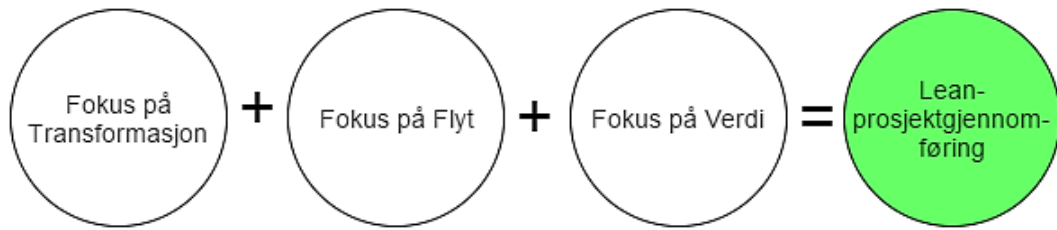


Figur 20: Caseprosjektets organisasjonskart.

4.2 Lean-prosjektgjennomføring

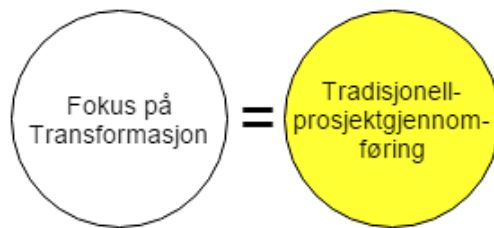
4.2.1 Definisjon av Lean-prosjektgjennomføring

På bakgrunn av teorikapittelet defineres Lean-prosjektgjennomføring som alle produksjonssystem som forfølger TFV-teoriens mål, illustrert i figuren under. TFV-teoriens mål, sett fra prosjektledelsesperspektiv, er å transformere prosjektet om til arbeidsoppgaver og utføre disse mest mulig effektivt. Dette skjer samtidig som arbeidsflyten forbedres ved å eliminere ikke-verdiskapende aktiviteter, spesielt ved å minimere variabilitet. Samtidig skal verdien økes gjennom å oversette kundeønsker til designløsninger og bygge løsningen i henhold til det spesifikke designet.



Figur 21: Produksjonssystem som forfølger TFV-teoriens mål.

Tradisjonell prosjektgjennomføring fokuserer primært på transformasjonskonseptet og forsømmer eller glemmer flyt- og verdi-konseptene, som vist i figuren under.



Figur 22: Tradisjonelt produksjonssystem som fokuserer primært på transformasjon.

På bakgrunn av teorikapittelet har Lean-prosjektgjennomføring, fra en systematisk tilnærming, følgende karakteristik. Organisasjonen er basert på samarbeid hvor de «riktige folkene» blir inkludert tidlig i prosjektet for å være bidragsytere i oppstrømbestemmelser. Operativsystemet er flytsentrert hvor det ekte samarbeid baserer seg på en Lean-kultur hvor egnede Lean Construction-verktøy og –metoder benyttes. Forretningsvilkår blir basert på relasjons- og samarbeidskontrakter. Videre blir risikoen i prosjekter redusert ved hjelp av operativsystemets målinger og arbeidsflytforbedring. Deretter blir risikoen enda mer redusert på grunn av at prosjektorganisasjonene står sammen for å redusere den.

4.2.2 Statsbyggs beskrivelse av caseprosjekts prosjektgjennomføring

Ved å studere Lean-samhandlingsnotatet (Statsbygg, 2014) ønsket Statsbygg å legge til rette for en prosjektgjennomføring som fokuserte på følgende områder:

- Utstrakt samarbeid
- Positive holdninger
- Effektive arbeidsmetoder
- Gode kommunikasjonsformer
- Grundig planlegging som er lett å følge opp for alle
- En smidig byggeprosess
- Gjensidig hjelpe hverandre til en bedre arbeidsdag

- Digital samhandling og gode tverrfaglige prosesser

Selv om Statsbyggs fokusområdene ikke konkret beskriver transformasjon, flyt og verdi kan man tolke disse fokusområdene med tanke på TFV-teoriens mål. Nedenfor diskuteres hvert enkelt fokusområde opp mot TFV-teoriens mål.

«Fokus på ustrakt samarbeid» og «gjensidig hjelpe hverandre til en bedre arbeidsdag» kan føre til mindre sub-optimalisering og sløsing som igjen kan føre til bedre flyt. «Positive holdninger» kan trolig føre til et bedre arbeidsmiljø, men kan ikke konkret kobles til noen av TFV-målene. «Effektive arbeidsmetoder» kan både føre til at arbeidsoppgaver løses mer effektivt, samt at en oppnår mindre sløsing i form av overprosessering, venting og unødvendig transport. «Gode kommunikasjonsformer» kan føre til bedre planlegging som igjen kan gi bedre arbeidsflyt, og øke verdiutbytte til neste produksjonslegg og til sluttkunde. Ved å ha en god kommunikasjon med sluttbruker kan prosjektaktørene få tilpasset bygget til faktiske behov.

«Grundig planlegging som er lett å følge opp» kan forhindre arbeidsstopp og gi neste produksjonsledd den verdien de faktisk trenger. «En smidig byggeprosess» kan oversettes som å ha god arbeidsflyt. «Digital samhandling og gode tverrfaglige prosesser» gir visualisering ut på arbeidsplassen, som kan føre til mindre sløsing i form av venting og overproduksjon. Digital samhandling kan også øke verdien ved å lettere oversette kundeønsker over til utførende part. I tabellen under vises hvert fokusområde med tilhørende forbindelse til TFV-teoriens mål.

Tabell 15: Sammenhengen mellom Statsbyggs planlagte prosjektgjennomføring og TFV-teoriens mål.

Statsbyggs fokusområder for prosjektgjennomføring	T	F	V
Utstrakt samarbeid / Gjensidig hjelpe hverandre til en bedre arbeidsdag		X	
Positive holdninger			
Effektive arbeidsmetoder	X	X	
Gode kommunikasjonsformer		X	X
Grundig planlegging som er lett å følge opp for alle		X	X
En smidig byggeprosess		X	
Digital samhandling og gode tverrfaglige prosesser		X	X

Ut ifra tabellen kan det argumenteres for at Statsbyggs har planlagte en Lean-prosjektgjennomføring for caseprosjektet. Prosjektgjennomføringen tar hensyn til alle tre konseptene innenfor produksjonsteori, hvor den store tyngden ligger på flytkonseptet.

4.3 Statsbyggs tilretteleggelse for Lean-prosjektgjennomføring

4.3.1 Pålagt gjennomføringssystem

Gjennom dokumentstudier ble det kartlagt at Statsbyggs tiltak for å legge til rette for en Lean-prosjektgjennomføring var ved å innføre et pålagt gjennomføringssystem. Dette kravet ble gitt ved anbudsinvitasjonen gjennom et vedlagt «Lean – samhandlingsnotat». Nedenfor er det utarbeidet en tabell som lister opp det pålagte gjennomføringssystemet.

Tabell 16: Oversikt over Statsbyggs tiltak for å sikre Lean-prosjektgjennomføring.

Tiltak:	Når:
Informasjon om krav i anbudsinnbydelsen, til generalentreprisen, om bruk av prinsipper og metoder fra Lean Construction.	Kontrahering
Krav om minimum gult belte i Lean Six Sigma.	
Separat avdeknings- og riveentreprise	Parallelt med detaljprosjektering
Samhandlingsfase <ul style="list-style-type: none"> - Samhandlingsfase del 1: Massekontroll - Samhandlingsfase del 2: Kunnskapsoverføring - Samhandlingsfase del 3: Fremdriftsplanlegging 	3 måneder før byggestart og fram til byggestart
Samarbeidsmodell <ul style="list-style-type: none"> - Samhandlingsfase del 4: Samhandling ved hjelp av BIM 	Byggefase
BIM	Byggefase
Bakover-planlegging og oppfølging av planen basert på Last Planner Systems møtehierark	Byggefase
Takt-planlegging (Porsche Takt)	Byggefase
Samlokalisering – ICE	Byggefase

Generelt var flertallet av informantene positive til at Statsbygg prøvde å innføre Lean Construction i prosjekt ved å pålegge aktørene en slik gjennomføringsstrategi. En av informantene sa det slik:

«Det er bra at Statsbygg prøver. Noen må gå foran for å prøve ut Lean Construction.»

Et par av informantene påpekte at når byggherrer benytter seg av å pålegge en Lean-gjennomføringssystem er det viktig å få forankret Lean Construction prinsippene og filosofi tidlig. Et fåtall av informantene mente at det er vanskelig å pålegge aktørene et slikt gjennomføringssystem som ikke var innarbeidet hos aktørene. Andre påpekte at det er stor forskjell mellom et slik verneverdig rehabiliteringsprosjekt og et nybyggsprosjekt. En av informantene beskrev det slik:

«I nybygg har man mye større forutsigbarhet og kan enklere implementere metoder som for eksempel taktplanlegging».

Noen av informantene mente at det planlagte gjennomføringssystemet var urealistisk for et slik rehabiliteringsprosjektet fordi metodene ikke var tilpasset prosjektets rammer med et svært komplekst, gammelt og verneverdig bygg.

Statsbygg metode for å implementere Lean Construction i caseprosjektet var ved å legge inn et pålagt gjennomføringssystem, basert på metoder fra Lean Construction i anbudsinnbydelsen – Et pålagt Lean Construction prosjektgjennomføringssystem. Videre presenteres og diskuteres hvert enkelt punkt i gjennomføringssystemet.

4.3.2 Gult belte i Lean Six Sigma

Gult belte i Lean Six Sigma er en internasjonal sertifisering (IASSC, u.d). Gult belte dokumenterer at kandidater har gjennomført grunnleggende kurs innen forbedringer i egen organisasjon, hvordan en identifisere tidstyver og grunnleggende kunnskap om Lean.

Som et absolutt krav, i anbudskonkurransen, stilte Statsbygg krav til minimum gult belte i Lean Six Sigma hos entreprenørs og underentreprenørs prosjektleder, anleggsleder, formenn og baser. Var kravet ikke tilfredsstillt skulle samtlige kursene i løpet av byggefasen i 2014. Entreprenørene hadde altså en frist på et halvt år fra byggestart. Som påkrevd ble prosjektledere, formenn og baser hos generalentreprenør og de fleste UE sertifisert med gult belte i Lean Six Sigma. Dette kurset ble gjennomført i byggefasen etter at samhandlingsfasen var ferdig.

Hensikten med kravet om gult i Lean Six Sigma, eller tilsvarende, var at utførende entreprenører skulle forstå og bli kjent med Lean Construction. Likheten mellom Six Sigma og Lean Construction er derimot tvilsom (Clegg et al., 2010). Lean Six Sigma er en kombinasjon av systematikken til Six Sigma og Lean-kultur. Det kan derfor stilles spørsmål hvorvidt dette kravet har vært med på å øke forståelsen av Lean Construction metoder og prinsipper.

4.3.3 Separat avdeknings- og riveentreprise

Som planlagt ble det gjennomført en separat avdeknings- og riveentreprise parallelt med detaljprosjekteringen. Hensikten med tiltaket var ifølge Statsbygg å forbedre generalentreprisens beskrivelse og klargjøre for bedre flyt i byggefasen. Flertallet av nøkkelpersonene trakk fram at avdekningsentreprisen bidro til at prosjekteringsgruppen fikk en større mulighet til å utarbeide en bedre beskrivelse til generalentreprenør. Som en del av avdekningsentreprisen ble det utført 3d-skanning av bygget. En av informantene beskrev 3d-skanningen slik:

«Bygget ble 3d-skannet to ganger – Først skannet man bygget, og deretter en gang til etter bygget var ribbet.»

Videre påpekte flertallet at det hadde vært mer optimalt dersom avdekkingen inngikk i generalentreprisen, men med et innlagt stopp mellom fasene. Dette for å få tid til å revidere beskrivelse, samt at generalentreprenør fikk muligheten til å bli bedre kjent med bygget før byggestart.

Et fåtall mente at avdekningsentreprisen burde blitt planlagt på en annen måte der den hadde et større omfang. Kartlegging av bærekonstruksjonen hadde stort fokus, men i tillegg til dette burde en i større grad ha åpnet opp enda flere vegger og tak, og kartlagt tilstanden til fundament og takkonstruksjon. Noen mente også at man hadde fått mer utbytte dersom prosjekteringsgruppen hadde hatt mer tid mellom rivning og bygging. Slik kunne man kartlagt byggets tilstand enda bedre.

Noen påpekte også at gjennom avdekningsentreprisen fikk noen av de prosjekterende et feil inntrykk av at byggets kvalitet. Prosjekteringsgruppen utførte stikkprøver hvor vegger og tak ble åpnet og bygget ble kartlagt, men flere av disse stikkprøvene var ikke representative for bygget.

4.3.4 Samhandlingsfase

For å sikre en prosjektgjennomføring med stor grad av samarbeid hadde Statsbygg planlagt en tre måneders samhandlingsfase før byggestart. Den skulle bestå av følgende deler:

- Samhandlingsfase del 1: Massekontroll
- Samhandlingsfase del 2: Kunnskapsoverføring
- Samhandlingsfase del 3: Fremdriftsplanlegging
- Samhandlingsfase del 4: Samhandling ved hjelp av BIM

I Lean-samhandlingsnotatet (Statsbygg, 2014) står det følgende om samhandlingsfasens deler:

«Innholdet i disse hovedpunktene skal legge til rette for at både entreprenør, prosjekterende, byggeledelse og byggherre gis arbeidsforhold og rammebetingelser som balanserer rettigheter, forpliktelser, samarbeide, motivasjon og incitament, og som skal sikre sannsynligheten for et vellykket, mest mulig feilfritt, raskt og smidig prosjekt.»

Samhandlingsfasen skulle gjennomføres fire ganger i uken på prosjektkontoret ved byggeplass. Her skulle det være obligatorisk oppmøte for prosjekteringsgruppen og generalentreprenøren sammen med underentreprenører. Programmet til de forskjellige samhandlingsdelene vises i listen nedenfor.

- Del 1: Massekontroll
 - o Gjennomgang masseuttak og eventuelt justere mengder
- Del 2: Kunnskapsoverføring
 - o Entreprenør og prosjekterende skal delta i en styrt gjennomgang av alt prosjektert materiale, og alle kontraktdokumenter. Hensikten er å:
 - Luke bort misforståelser mellom prosjekteringsgruppen og generalentreprenør
 - Tydeliggjøre grensesnitt
 - Tverrfaglig fokus på problemstillinger og optimaliseringsmuligheter.
 - Felles oppfatning av nivå på arbeidstegninger
- Del 3: Fremdriftsplanlegging
 - o Grundig planlegging for byggefase med ekstra hensyn til:
 - Organisering
 - Tegningsleveranser
 - Kvalitetssikringer

- Milepæler (inkl. bonus-plan)
- Møtestruktur
- Rutiner (Endringsrutiner, logistikk og rydding)
- Kontrollområder for takt-planlegging
- Bemanningsplaner
- Beslutningsplaner
- Tre dagers teambuilding-tur til Nord-Europa som byggherre dekker.
- Del 4: Samhandling ved hjelp av BIM
 - Aktiv bruk av BIM gjennom byggefasen. Se BIM for mer informasjon.

Som planlagt ble det utført en samhandlingsfase før byggearbeidet startet. Deltakerne var prosjekteringsgruppen, generalentreprenør, underentreprenør, byggeledelse og byggherre. Den planlagte varigheten var tre måneder, men på grunn av at kontraheringsarbeidet varte lenger enn forventet ble fasen kortet ned til ni uker. Samlingsmøtene i fasen foregikk fra tirsdag til fredag hvor de fleste møtene varte fra to til tre timer. Noen av samlinger strakk seg over en hel arbeidsdag, mens andre ganger var det flere korte møter hver dag. Møtene ble fordelt i forhold til faggrupperinger og dette gjorde at ikke alle aktørene var involvert i alle møter.

Samtlige av nøkkelpersonene mente at samhandlingsfasen burde vært gjennomført på en annen måte. To av informantene formulerte det slik:

«Man fikk ikke ut det store potensialet samhandlingsfasen kunne gi prosjektet.»

«Man satt i første møte og visste ikke helt hva som skulle skje. Det manglet klare mål for hva man ønsket å oppnå. Det ble produsert lite nyttige dokumenter ut fra samhandlingsfasen.»

Et poeng som flere trakk fram var at det manglet klare konkrete mål for hva man ønsket å oppnå og at ble produsert lite nyttige dokumenter av hva som ble bestemt. Dette gjorde det vanskelig å få oversikt i ettertid hva som ble bestemt i fasen. Et annet poeng samtlige påpekte var at en slik samhandlingsfase var nytt for alle og ansvarsfordelingen for hvem som skulle styre samhandlingsfasen var uklart.

Et fåtall trakk fram at et viktig poeng med samhandlingen var at entreprenøren skulle komme med innspill til byggbarhet og stille krav til hvilket nivå tegningene og BIM-skulle holde. Dette fungerte ikke fordi omfanget av materialet entreprenør skulle sette seg inn i var alt for stort i

forhold til avsatt tid. Dette førte til at prosjekteringsgruppen framla sin prosjekterte løsningen, uten at aktørene fikk diskutert nevneverdig byggbarhet eller bruk av alternative løsninger.

I samhandlingsfasen var planen at aktørene sammen skulle bestemme framdriften til prosjektet. Dette ble gjort og aktørene fant ut at prosjektet hadde mye lengre gjennomføringstid enn planlagt. Likevel ble ikke den nye gjennomføringstiden forankret hos prosjekteier. Prosjektet fortsatte med den planlagte gjennomføringstiden. Flere av informantene mente at dette var med på å skape et sterkt tidspress i prosjektet.

Et annet resultat av samhandlingsfasen var at generalentreprenør ble godt kjent med sine underentreprenører. Intervjuset under, fra en av informantene, illustrerer dette:

«Samhandlingsfasen gjorde at generalentreprenør ble godt kjent med underentreprenørene og man fikk en mer teamfølelse».

Ved spørsmål om hvordan denne fasen kunne vært utført annerledes påpekte flertallet av informantene at det var behovet for å opprette klare mål og ut fra disse etablere en omforent handlingsplan. Videre burde det vært utført en risikoanalyse som ikke bare tok hensyn på HMS, men også for usikkerheter i forhold til tid og kostnad. En av informantene kom med følgende eksempel:

«For eksempel gjelder dette utfordringen prosjektet hadde med bruk av eksisterende sjakter til nye ventilasjonsføringer. Her kunne vi gjennom samhandlingsfasen fått oversikt over hvilken tverrfaglig kompetanse prosjektet rådet over og håndtert utfordringen før situasjonen oppstod.»

Noen påpekte også at samhandlingen ikke burde vært kortet ned, mens andre mente den burde vært kortere og mer intens for å unngå at noen benyttet fasen som et «hvileskjær». Et fåtall av informantene trakk fram at det burde vært utført en ny «samhandlingsfase 2.0» midt i byggefasen da den første samhandlingsfasen ikke skapte det ønskede resultatet. Slik kunne aktørene gjort ting annerledes og prøve å gi prosjektet en «omstart».

I regi av Statsbygg har ble det i samhandlingsfasen gjennomført et tre-dagers Lean-seminar hos Porsche Consulting i Tyskland, Leipzig. Fokuset var her takt- og pullplanlegging. Deltakere på kurset var generalentreprenør, prosjekteringsgruppen, byggherre og brukere fra NMBU.

4.3.5 BIM

Bruk av BIM var sentralt i Statsbyggs krav til prosjektgjennomføringen, både i prosjektering- og byggefase. BIM-modellen og tegninger skulle bli distribuert digitalt via webhotell og BIM-programvare for nettbrett og webgrensesnitt. I Lean-samhandlingsnotatet stod det følgende om målsetning:

«Målsetningen med digital samhandling er bedre informasjonsflyt på tvers innad i prosjekteringsgruppen og mellom prosjekteringsgruppe og entreprenør»

Flertallet av nøkkelpersonene mente at BIM fungerte bra i prosjektet, selv om det var et nytt element for noen av aktørene. Modellen ble mye brukt både av arbeiderne og prosjektledelse. I avdekningsentreprisen ble bygget 3d-skannet for å få en mest mulig korrekt BIM-modell. Etter hvert som det ble bygget ble avdekket ble det gjort en supplerende 3d-skanning. Slik ble BIM-modellen svært nøyaktig i de områdene som var skannet. Intervjusetatet under illustrerer dette:

«Man fikk en rett BIM i de områdene som var skannet.»

Noen av informantene påpekte derimot at planleggingen baserte seg på et prosjektunderlaget som ikke stemte overens med virkeligheten. Mens andre mente at prosjekteringsgrunnlaget var unikt bra og at der var få andre rehabiliteringsprosjekt som hadde et så godt prosjekteringsgrunnlag. To av informantene sa det slik:

«Problemet var at prosjektunderlaget ikke stemte overens med virkeligheten. Planleggingen foregikk på feil grunnlag.»

«Det er en selvfølge at man fant uventede ting i områdene hvor en ikke har 3d-skannet og at dette måtte legges inn i planen som usikkerhet.»

Flere nøkkelpersoner poengterte at BIM-modellen hadde en svært høy detaljeringsgrad. De stilte også spørsmål om den høye detaljeringsgraden hadde gitt tilstrekkelig verdi. To av informantene formulerte det slik:

«Jeg har aldri vært med i et prosjekt med så godt tegningsgrunnlag. BIM-modellen var veldig detaljert.»

«Lista for BIM-modellen var veldig høy. Denne har kostet veldig mange prosjekteringstimer. Det ble egentlig ikke fastsatt mål for hvor god kvalitet BIM-modellen skulle ha. Det ble bare slik at den skulle holde god kvalitet. Dersom man hadde gått på fastpris hadde man ikke kunnet jobbet slik.»

Det ble utplassert fire BIM-kiosker i bygget, en i hver etasje. BIM-kioskene inneholdt oppdatert BIM-modell, samt reviderte tegninger. Arbeiderne fikk opplæring i bruk av BIM-kioskene i starten av byggefasen. Flere av nøkkelpersonene fortalte at de hadde vært ute på byggeplass og forhørt seg om hva arbeiderne syntes om BIM-kioskene. Et stort flertall av disse arbeiderne var svært fornøyde da de lettere kunne ta ut relevante mål og få bedre oversikt over bygget. To informanter sa det slik:

«BIM-kioskene var en suksess. Å få BIM-modellen ut på plassen gjorde at den ble mye mer brukt.»

«Entreprenøren klarer raskere å se løsninger og få vite hvordan prosjekteringsgruppen har tenkt.»

Flere av nøkkelpersonene påpekte at kontraktshierarkiet mellom beskrivelse, tegninger og BIM-modell var en utfordring fordi BIM-modellen var nederst i hierarkiet. I følge flere nøkkelpersoner gjorde dette at arbeiderne ikke kunne stole helt på BIM-modellen. Intervjusitatene under, fra to informanter, illustrerer dette:

«BIM-kioskene ble veldig mye brukt av de forskjellige fagarbeiderne. Man kunne ikke stole 100% på modellen, men likevel nyttig.»

«Kontraktshierarkiet mellom BIM-modell og tegninger og beskrivelse er en utfordring. Når en legger så mye energi i BIM bør denne flytte seg opp i hierarkiet.»

Som et supplement til BIM-kioskene hadde prosjektledere, formenn og baser BIM-modellen på nettbrett. Det var planlagt av Statsbygg å benytte «Rendra» som software, men dette fungerte ikke som planlagt. Etter et par måneder gikk prosjektet over til å bruke «BIM-360» som generalentreprenør var godt kjent med fra før.

Flere av informantene forteller at på grunn av BIM-kioskene kunne arbeiderne lettere komme med tilbakemeldinger. Det var ingen systematikk for å rapportere feil i BIM-modellen. Likevel fikk prosjektet mange tilbakemeldinger av arbeiderne i starten av byggefasen. En informant sa det slik:

«BIM-kioskene gjorde det mulig for arbeiderne å komme med innspill og legg inn kontinuerlig forbedring i prosjektet»

4.3.6 Bakover-planlegging og oppfølging av planen basert på Last Planner Systems møtehierark

Bruk av bakover-planlegging og oppfølging av plan basert på Last Planner Systems planhierarki var en del av det pålagte gjennomføringssystemet. Før oppstart av hver takt-sone skulle entreprenør og prosjekteringsgruppe benytte en 14-10-8-4-1- ukers møtestruktur. Formålet med dette var ifølge PA-boken:

«Forebygge for overraskelser; for eksempel mangelfulle tegninger og manglende materiell. Dette inngår som en del av risiko- og usikkerhetsstyringen».

Tabell 17: Planlagte møtestruktur for oppfølging. Innholdet hentet fra Lean-samhandlingsnotat.

Uker	Beskrivelse
14 ukers-møte	Intern koordinering i prosjekteringsgruppen for neste takt-område
10 ukers-møte	Tverrfaglig kontroll: Arbeidstegninger klargjøres for entreprenør.
8 ukers-møte	Utkvikksplanlegging: General entreprenør leder møtet og går fagvis kritisk gjennom hele tegningsunderlaget/BIM sammen med prosjekteringsgruppen.
4 ukers-møte	Formenn og baser lager fremdriftsplan, montasjerekkefølge og eventuell logistikkplan sammen med prosjektledelsen.
1 ukes-møte	Baser og KS-leder i kontrollområde. Lage ukeplan – Klar til start

I tabellen ovenfor beskrives møtestrukturen og det planlagte innholdet i hvert møte. Samtlige av informantene nevnte at bakover-planleggingen ble gjort i starten av byggefasen, men at planen måtte konstant revideres gjennom byggefasen. Den fastsatt møtestruktur basert på Last Planner System fungerte dårlig. I stedet for det et pull-systemet fikk prosjektet et tradisjonelt push-system som presset fram neste aktivitet. Det nevnes ulike grunner for at dette ikke fungerte. En av dem var at aktørene manglet erfaring med Last Planner-metodikken. Flere trakk fram at møtestrukturen ikke alltid ble overholdt. En av informantene beskrev det slik:

«Det var ofte at tegningsgrunnlaget ikke var klar til 14 eller 10 ukers-møtene.»

En annen grunn informantene trakk fram var at aktører kom uforberedt til møtene, spesielt til utviklingsplanleggingsmøtene. Dette gjorde det vanskelig å utføre en tilstrekkelig hindringsanalyse hvor arbeidsoppgavens hindringer og utfordringer skulle identifiseres. Et

fåfall av informantene påpekte at det var vanskelig å identifisere hindringer på grunn av at møtene gapte over for mye. Intervjuset under, fra en av informantene, illustrere dette:

«Møtene burde hatt et mindre fokusområde slik det ble lettere å planlegge.»

Noen informanter trakk fram at fokuset i neste takt-sone ble nedprioritert på grunn av at aktørene var for opptatt i den pågående sonen. Enkelte trakk også fram at generalentreprenør ikke hadde nok tid til å gjennomføre planoppfølgingen fordi mye deres tid gikk med å dokumentere endringer og avvik i forhold til prosjekteringsgrunnlaget. En av informantene sa det slik:

«Det var så mye endringer i forhold til prosjekteringen at hensikten med møtene forsvant.»

Et tiltak som generalentreprenør gjorde var å leie inn en egen konsulent som skulle være rådgiver med bakover-planleggingen, takt-planlegging og oppfølgingsmøtene. Flere av informantene påpekte at faseplanen ble konstant revidert på grunn av mye endringer gjennom byggefase. Enkelte av informantene nevnte at tiltaket med å leie en ekstern konsulent kan ha ført til at nøkkelpersoner mistet litt av eierskapet til planene.

Prosjektet tilpasset seg utfordringer knyttet til oppfølgingen ved å benytte en tradisjonell ukentlig aksjonsplan – Hvor er vi og hva må gjøres? Dette ble gjort for å forenkle utviklingsplanleggingen når dette ikke gav det ønskede resultatet. En av informantene beskrev det slik:

«Uforutsette utfordringer har oppstått og prosjektet arbeidet etter hvert i et 1-4-ukers perspektiv.»

Enkelte av informantene nevnte at pull-planlegging og oppfølging basert på Last Planner System-metodikken ikke var hensiktsmessig i et slik rehabiliteringsbygg som har høy grad av usikkerhet og variabilitet. Mens andre påpekte at det var i slike prosjekter man kunne få et stort utbytte på å bruke denne metoden. To av informantene formulerte det slik:

«Faseplanen ble konstant revidert på grunn av mye endringer gjennom byggingen. Dette skape mye merarbeid.»

«De fastsatte planleggingsmøtene flyttet fokus fram til et tidlig stadiet. Man fikk muligheten til å luke bort mange problemer før arbeidstegningene ble produserte.»

4.3.7 Taktplanlegging

I Lean-samhandlingsnotatet (Statsbygg, 2014) står det følgende:

«Byggingen vil foregå i takt/bølge i definerte kontrollområder».

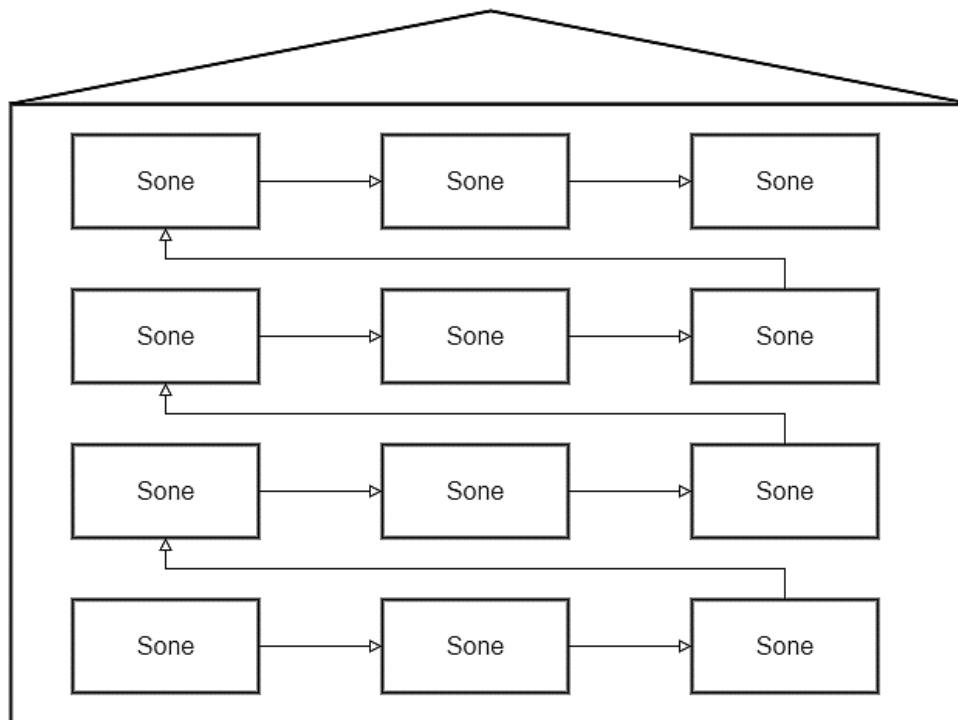
Takt-tid, -sekvens og -sonene skulle, som beskrevet over i samhandlingsfasen, defineres i samhandlingsfase del 3. Samtlige av informantene sier at taktplanleggingen ikke fungerte som planlagt. Flertallet trakk fram at det var en forutsetning at aktørene skulle klare å planlegge mye på forhånd og dette fikk man ikke til.

Taktplanlegging krever mye planlegging i forkant og når det oppdages store uforutsette hendelser skaper dette problemer for en takt-gjennomføringen. Taktplanlegging skaper økt nødvendighet for hindringsanalyse og dersom denne analysen feiler vil toget etter hvert spore av.

Informantene fortalte at etter hvert som arbeidet startet ble det oppdaget at takt-sonene og -sekvensen ikke var optimal i forhold til byggets utforming. De eksisterende sjaktene i bygget, som skulle bli benyttet til tekniske føringer, gikk vertikalt mens toget beveget seg horisontalt. En av informantene beskrev det slik:

«Det tok såpass lang tid med vertikale sjakter at man ikke klarte å fullføre arbeidet innen takt-tid. Man har gått fram og tilbake mellom sjakter flere ganger.»

Det ble ikke kjørt en «prøvekjøring» av toget, men prosjektet fortsatte med samme taktsekvens og soneinndeling fra start til metoden ble forkastet. Figuren under viser en illustrasjon av byggets takt-soner og -sekvens hvor en startet fra kjelleren og jobbet seg videre oppover i etasjene.



Figur 23: Illustrasjon av byggets takt-soner og -sekvens.

Et stort flertall av informantene nevnte at det ikke var lagt inn tilstrekkelig slakk eller buffere i planen. Dette gjorde det vanskelig å takle store uforutsette hendelser, som for eksempel råte i taket og oppsmuldret fundament. Et tiltak som ble prøvd var å kjøre et tomt tog gjennom bygget for å gi toget en omstart, men toget avsporet raskt igjen. Sommeren 2015 avsluttet prosjektet taktplanlegging og fortsatte med tradisjonell planlegging.

Taktplanlegging er en iterativ prosess. Likevel fortsatt aktørene med den samme planen, selv om de så at den ikke fungerte, helt til flertallet mistet troen på metoden og den ble forkastet.

Som nevnt, i forrige underkapittel, ble det leid inn en ekstern konsulent som sammen med anleggsleder utarbeidet taktplanen. Et viktig moment som må trekkes fram er at alle fag bør være med å utvikle taktplanene. Slik kan en enklere finne den egnede takt-tiden, -soneinndelingen og -sekvens. Noen av informantene trakk fram mangel på tillitt til takt-planen som en grunn for at den feilet. En av informantene sa det slik:

«Det ble lagte en detaljert taktplan tidlig i prosjektet. På grunn av endringer fikk man tidlig avsporing og nøkkelpersoner mistet tillitt til planen.»

Flertallet av informantene mente at taktplanlegging ikke var en egnet metode i et slikt rehabiliteringsprosjekt. Mens enkelte mente at det kan fungere dersom prosjektdeltakerne har

forståelsen for mekanismene til taktplanleggingen. Nedenfor er det satt inn en del sitater som illustrere hva informantene mente:

«Uansett hvor mye man planlegger i et rehabiliteringsprosjekt er det vanskelig å få med det uforutsette. Restaurering sammen med fredet bygg gjør det ekstra vanskelig å gjennomføre taktplanlegging.»

«Tog og takt er nok en ubrukelig modell for et slik prosjekt. Riksantikvaren og bruker kommer plutselig inn med nye ting. Alt blir for komplisert.»

«Når du planlegger takt i rehabiliteringsprosjekt må du legge inn mye buffere og slakk. De uforutsette tingene kommer uansett og da må du ha lagt inn mulighet til å kjøre tomme tog og sette inn ekstra ressurser»

4.3.8 Samlokalisering

Det var satt krav til at prosjekteringsgruppen skulle være samlokalisert på byggeplass i både prosjekterings- og byggefase. I følge et stort flertall av informantene fungerte samlokaliseringen bra. Kommunikasjon mellom aktørene var god og beslutninger på tvers av aktører ble raskere tatt. I starten av detaljprosjekteringen var de prosjekterende på byggeplass fire dager i uken. I løpet av det første kvartalet av byggefasen var prosjekteringsgruppen tilstede på byggeplass to dager i uken. Etterpå ble tilstedeværelsen trappet ned til en dag i uken. Enkelte trakk fram at det hadde vært hensiktsmessig dersom arkitekt hadde vært flere dager på byggeplass i byggefasen.

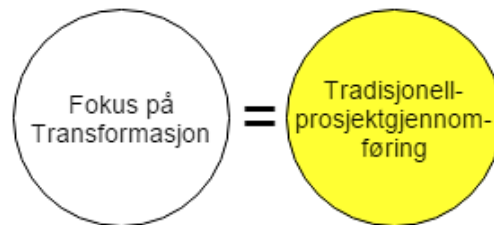
Byggherre, byggeledelse og prosjekteringsgruppen satt sammen i første etasje, mens generalentreprenør og underentreprenører satt sammen i øverste etasje. Noen av informantene påpekte at utformingen av brakkebygget til tider var en sperre for optimal kommunikasjon fordi utformingen skapte to fysiske «lag». Mens andre syntes ikke dette var noe hinder for samarbeidet. En av informantene sa det slik:

«Samlokaliseringen hadde fungert bedre dersom vi hadde fått bort det «fysisk» hinderet.»

4.4 Prosjektets grad av Lean-prosjektgjennomføring

Samtlige av informantene var enige om at prosjektet mer eller mindre ble gjennomført i henhold til tradisjonell prosjektledelse. Prosjektet startet med det pålagte gjennomføringssystemet, men etter hvert ble deler av systemet tatt bort og tilpasset til et mer tradisjonelt og kjent

produksjonssystem. I utgangspunktet var prosjektgjennomføringen planlagt å tilstrebe TFV-teoriens mål ved å fokusere på bestemte fokusområder, beskrevet i kapittel 4.1. Likevel hadde prosjektgjennomføringen et tradisjonelt transformasjonsfokus, hvor flyt- og verdifokuset ble nedprioritert. Figuren under illustrerer prosjektets gjennomføringsfokus.



Figur 24: Caseprosjektets prosjektgjennomføring.

Sammenligner man det pålagte gjennomføringssystemet med teorien finner man ut at to av elementene i systemet ikke samsvarer med Lean-prosjektgjennomføring. En separat avdeknings- og riveentreprise skaper en oppstykket prosjektgjennomføring og hindrer utførende entreprenør å bli kjent med bygget før oppstart. Lean Six Sigma har relativt liten likhet med Lean Construction. En kan derfor sette spørsmål på om prosjektets planlagte TFV-fokusområder stemmer overens med det pålagte gjennomføringssystemet. Tabellen nedenfor illustrerer hvilke elementer av gjennomføringssystemet som bidrar eller motvirker Lean-prosjektgjennomføring.

Tabell 18: Gjennomføringssystemets elementer og dets bidrag til Lean-prosjektgjennomføring.

Det pålagte gjennomføringssystemets elementer	Lean-prosjektgjennomføring		
	Bidrar	Nøytral	Motvirker
Krav om minimum gult belte i Lean Six Sigma.		X	
Separat avdeknings- og riveentreprise			X
Samhandlingsfase	X		
BIM	X		
Bakover-planlegging, og gjennomføring av planen etter Last Planer Systems planhierarki/møtestruktur	X		
Takt-planlegging (Porsche Takt)	X		
Samlokalisering – ICE	X		

Dersom en sammenligner karakteristikken til caseprosjekt sammen med Koskelas et al. (2002)

oversikt over Lean- og tradisjonell prosjektgjennomføring, ser en at prosjektet har en stor tyngde på tradisjonell prosjektgjennomføring. Tabellen nedenfor illustrerer dette, der karakteristikken til caseprosjektet er markert med sorte felt.

Tabell 19: Sammenligning mellom tradisjonell og Lean-prosjektgjennomføring. De sorte feltene markerer caseprosjektets karakteristikker. Tabell fritt etter Koskela et al. (2002).

Lean-prosjektgjennomføring	Tradisjonell prosjektgjennomføring
Fokus på produksjonssystemet	Fokus på transaksjoner og kontrakter
TFV-mål	T-mål
Nedstrømsmottakere er involvert i oppstrøms bestemmelser.	Bestemmelser blir gjort sekvensielt av spesialister.
Produkt og prosess blir prosjektert sammen.	Først blir produkt prosjektert, deretter prosessen.
Prosjekteringen tar hensyn til alle livssyklusfasene.	Prosjekteringen tar ikke hensyn til alle livssyklusfasene.
Aktiviteter blir utført i det siste ansvarlige øyeblikket («the last responsible moment»).	Aktiviteter blir utført så fort det er mulig.
Tilstreber systematisk for å redusere leveransekedens gjennomløpstid.	Separate organisasjoner knyttes sammen gjennom markedet og tar det som tilbys.
Innarbeider kontinuerlig læring i prosjektet, bedriften og leveransekedens.	Læring skjer sporadisk.
Interessentenes har felles innrettede interesser.	Interessenter har ikke felles innrettede interesser.
Størrelse og plassering på buffere er tilpasset systemets variabilitet.	Prosjektdeltakere lager store inventar for å sikre sine egne interesser.

Caseprosjektets gjennomføring har fokusert på transaksjoner og kontrakt og i mindre grad på produksjonssystemet. På grunn av prosjetes organisering har bestemmelser blitt gjort sekvensielt. Aktørene har ikke klart å implementere systematikk i prosjektet for kontinuerlig læring, slik at læring har skjedd tilfeldig og sporadisk. Prosjektet har videre ikke klart å innrette felles interesser med tanke på produksjonssystemet. Når en ser på bufferes størrelse og plassering har aktørene ikke klart å tilpasse dem til prosjekts variabilitet.

Planlegging av produkt og prosess har blitt utført i henhold til Lean-prosjektgjennomføring da designet av det pålagte produksjonssystemet ble utført i god tid før generalentreprisen startet.

Når det gjelder de resterende punktene, hvorvidt prosjekteringen har tatt hensyn til alle livssyklusfaser, om aktørene har hatt fokus på å utføre aktiviteter i «det siste ansvarlige øyeblikket» og om leveransekjedens gjennomløpstid, er datagrunnlaget ikke tilstrekkelig for å konkludere.

Angående prosjektets resultat i form av tid, kostnad og kvalitet er ikke informantene samstemte om det pålagte gjennomføringssystemet har vært positiv eller negativ for resultatet. Noen av informantene mente det pålagte gjennomføringssystemet gjorde gjennomføringen mer kompleks enn nødvendig hvor prosjektet fikk et økt tids- og kostnadsbruk. Andre mente at dersom prosjektet hadde brukt tradisjonell prosjektledelse hadde trolig de samme problemene oppstått likevel. Mens enkelte av informantene mente at å følge det pålagte Lean-gjennomføringssystemet fra starten av prosjektet var med på å redusere det negative resultatet.

4.5 Hvorfor Lean-prosjektgjennomføring ikke ble oppnådd

Nedenfor, gjennom en systematisk tilnærming, blir årsaker til hvorfor ikke prosjektet oppnådde Lean-prosjektgjennomføring diskutert.

4.5.1 Prosjektorganisasjon

Generalentreprenøren ble kontrahert og inkludert i prosjektet etter at detaljprosjekteringsfasen og den separate avdeknings- og riveentreprisen var ferdig. En viktig forskjell mellom Lean og tradisjonell prosjektgjennomføring er relasjonen mellom faser og deltakere i dem. En Lean tilnærming er å inkludere nedstrømkjørere i oppstrømbestemmelser. Det vil si å inkludere generalentreprenør i prosjekteringen – ikke etter prosjekteringen er ferdig.

Samhandlingsfasen var et tiltak for å tilpasse Lean-metodikken til kontraktstrategiens generalentreprisen. Da samhandlingsfasen ikke ble utført i henhold til plan, ble mye av de planlagte TFV-fokusområdene borte.

Samtlige av informantene uttrykket at prosjektet hadde for kort tidsramme og for liten kostnadsramme. Den planlagte tidsrammen på ni måneder var ifølge flertallet urealistisk. Enkelte påpekte at tidsrammen ble tatt opp i samhandlingsfasen hvor aktørene fant ut at prosjektet kreve en større tidsramme. Dette ble likevel ikke forankret hos byggherres prosjekteier. Kostnadsrammen benyttet i prosjektet var fra revidert forprosjekt i 2009. Selv om kostnadsrammen var flere år gammel ble denne gjeldende for prosjektet. Flere av informantene påpekte at diskontinuiteten mellom forprosjekt og detaljprosjektering bidro til pengejag på

grunn av et foreldet budsjett. Informantene nevnte videre at pengejaget og tidspresset førte til stress i prosjektet og har bidratt til å minske fokuset på Lean-prosjektgjennomføring.

Når det gjelder kontraktstrategiens tildelingskriteriene vurderte Statsbygg å bruke «Lean Construction-erfaring» som et kriterium. Dette ble likevel forkastet da Statsbygg var redd for å strupe konkurransen og luke bort kompetente entreprenører. Flere av informantene trakk fram at vektleggingen av kompetansekriteriet burde vært mer verdsatt. Prosjektets vektlegging av tildelingskriteriene var 65% på pris og 35% på kompetanse. En Lean tilnærming er å verdsette kompetanse høyere enn pris for å få tak i de riktige folkene.

Den separate avdeknings- og riveentreprisen motvirket Lean-prosjektgjennomføring fordi den førte til en mer fragmentert prosjektorganisasjon og forhindrer nedstrømmottakere å delta i oppstrømbestemmelser. Informantene fortalte at prosjektledelsen hadde hatt en høy utskiftingsgrad både hos byggherre og entreprenør. Det var stor slitasje på personell og nøkkelpersonell ble sykemeldt. Kontinuitet i prosjektorganisasjonen er viktig for å danne tillitt og grunnlag for godt samarbeid. Disse diskontinuitetene motvirket et virkelig samarbeid mellom av aktørene.

Noen av informantene trakk fram viktigheten med å ha en Lean-ildsjel i prosjektet. Da Statsbyggs prosjektleder, som var initiativtaker for Lean Construction kravet og som utarbeidet det pålagte gjennomføringssystemet, forsvant etter fullføringen av detaljprosjekteringen ble ideen om Lean Construction nesten borte. Andre påpekte at prosjektet burde hatt en egen Lean-prosessleder fra start av som kunne veilede aktørene i forhold til spørsmål og utførelse i henhold til Lean Construction- kultur, -metoder og -prinsipper. En av informantene sa det slik:

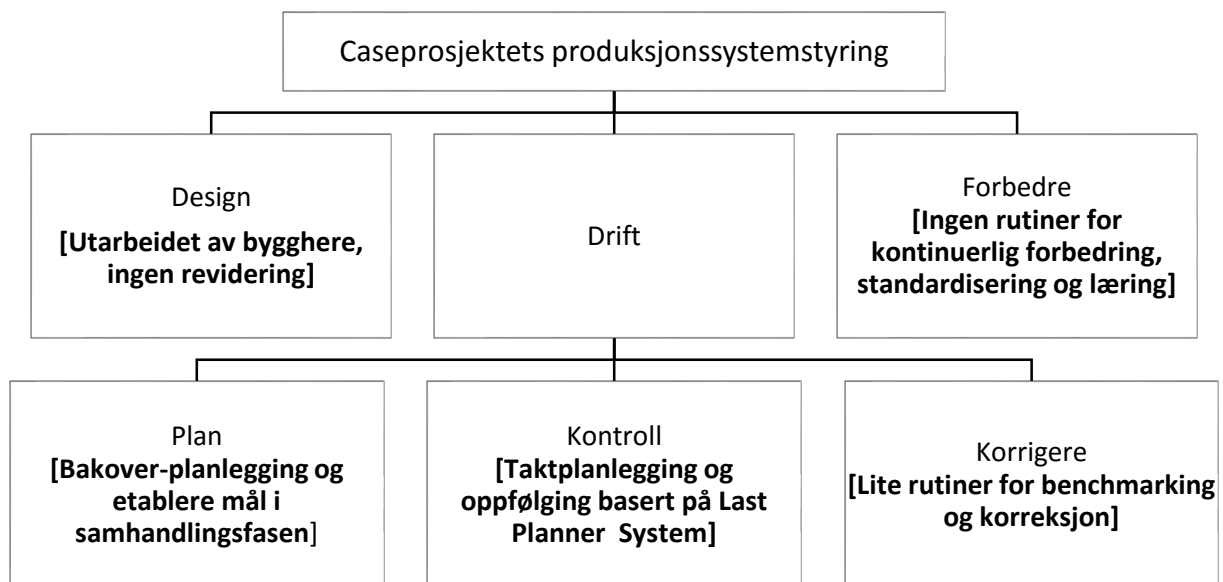
«Prosjektet mangler en viktig ting, en prosessleder. Denne ressurspersonen skal, fra start til slutt, hjelpe til med å skape en felles forståelse for hva Lean er og hvordan man kan gjennomføre det planlagte gjennomføringssystemet.»

Prosjekteringen hadde et høyt timeforbruk. Flere av informantene påpekte at Statsbygg burde hatt bedre styring på timeforbruket, hvor det burde vært gitt klare retningslinjer. Dette gjaldt spesielt for BIM-modellen der kvalitetskravene var fraværende. En av informantene formulerte det slik:

«Prosjektledelsen må få til at prosjekteringsgruppen jobber med de riktige tingene og til et gitt nivå. For eksempel at en bare skal prosjektere 60% fordi man ikke vet mer enn det.»

Noen av informantene trakk fram inkluderingen av Riksantikvaren som en utfordring for å få flyt i prosjektet i noen faser av prosjektet. På grunn av byggets verneverdighet måtte Riksantikvaren godkjenne alle endringer i prosjektet. Dette genererte sløsing i form av venting og forhindret at de endelige beslutningene kunne tas av de som stod problemet nærmest.

Det pålagte gjennomføringssystemet, derav produksjonssystemet, var utarbeidet av Statsbygg før aktørene ble kontrahert. Det ble ikke gjennomført et redesign av produksjonssystemet etter kontraheringen. Et redesign hadde vært svært nyttig for å ivareta hver aktørs interesser og tilpasse systemet til generalentreprenørs arbeidsmetodikk. I følge Ballard et al. (2001a) er det nødvendig at utførende part deltar med å designe, kontrollere og forbedre produksjonssystemet, fordi det er utførende part som faktisk skal bruke det. Prosjektets produksjonssystemstyring er illustrert i figuren under.



Figur 25: Caseprosjektets produksjonssystemstyring. Fritt etter Ballard og Howell (2003).

Ser en på prosjektets driftselement var planen å etablere mål i samhandlingsfasen og benytte bakover-planlegging i starten av prosjektet. Samtlige av informantene påpekte at samhandlingsfasen ikke gav mye utbytte og etablering av felles mål var fraværende. Videre skulle taktplanlegging og oppfølging basert på Last Planner Systems møtehierarki brukes for å kontrollere driften. Ifølge enkelte av informantene var det planlagt å bruke status på taktplanlegging som en form for benchmarking. Da taktplanleggingen tidlig ble forkastet manglet prosjektet rutiner for korreksjon og måling. Her kunne blant annet PPU vært nyttig for å måle planens pålitelighet og skape forpliktelse blant prosjektdeltakerne. Enkelte av

informanten trakk også fram hvordan prosjektet taklet uforutsette hendelser. Det manglet rutiner og systematikk for korreksjon. En av informantene beskrev det slik:

«Man må håndtere det uforutsette på en Lean måte. Dette har en ikke klart. Når uforutsette hendelser har oppstått har det vært panikktilstand.»

Når det gjelder produksjonssystemstyringens forbedringselementet ble systemet designet uten systematiske rutiner for kontinuerlig forbedring, standardisering og læring. Det ville vært naturlig å gjøre et redesign av systemet i samhandlingsfasen for å ta hensyn til de kontraherte prosjektaktørens målsetninger og etablere systematikk og rutiner for kontinuerlig forbedring og standardiseringstiltak.

En Lean-prosjektorganisasjon kjentegnes av en ramme for virkelig samarbeid. Prosjektet har ikke klart å oppnå dette samarbeidet og har i større grad hatt en organisasjon basert på tradisjonell «kommando og kontroll».

4.5.2 Operativsystem

Gjennom intervjuene kom det fram at flere i prosjektet manglet en grunnleggende forståelse av hva Lean Construction var. Et flertall av informantene mente at Lean var å ha en god plan, mens enkelte trakk fram at Lean var kontinuerlig forbedring og fokus på flyt i arbeidsprosessen. Ifølge samtlige informanter har det ikke vært stort fokus eller bevissthet rundt Koskelas Lean Construction-prinsipper. Undertegnede la fram noen av de mer konkrete prinsippene som: Redusere sløsing, minske variabilitet, øke kunde verdi, benchmarking, standardisering og kontinuerlig forbedring. Flere av disse prinsippene var ukjent for mange av informantene.

Lean Construction var som sagt nytt for de fleste i prosjektet. For å gi opplæring i Lean Construction var det arrangert en tredagers seminar til Porsche Consulting i Tyskland for å lære om pull- og taktplanlegging. I tillegg var det satt krav til entreprenør om Lean Six Sigma-sertifisering. Trolig var Porsche Consulting for spesifikt rettet mot enkelte Lean-metoder og Gult belte i Lean Six Sigma gav trolig ikke nok innblikk i hva Lean Construction innebar. Generelt manglet prosjektet kursing i Lean Constructions grunnleggende ideal og prinsipper. Flertallet av informantene beskrev at deres fokus var å tilfredsstille Statsbyggs pålagte gjennomføringssystem. De hadde lite fokus på de underliggende prinsippene. Et slikt fokus som fokuserer på selve metoden og ikke på det overordnede målet, skaper restriksjoner i stedet for fleksibilitet.

Flertallet av informantene uttrykket at det var for mange nye elementer å forholde seg til. Lean Construction var nytt for de fleste og det var mye nytt som skulle læres. Enkelte trakk fram at en mer gradvis tilnærming kunne vært hensiktsmessig. Først kunne en startet med noen Lean-elementer for deretter å bygge på etter hvert som en fikk dette til å fungere. En av informantene uttalte følgende:

«Man burde jobbet mer iterativt. Legge på litt og litt for å se om det virker. En mer kontinuerlig prosess med mindre stafettetapper hadde vært gunstig.»

Det er ifølge Koskela et al. (2002) vanlig å starte med Last Planner System som en pilot-implementering for å sikre pålitelig arbeidsflyt. Når prosjektet får Last Planners kontroll til å virke forstår aktørene effekten av Lean og ønsker å legge til flere Lean-elementer.

Urbygningen som objekt har vært svært krevende ifølge samtlige informanter. Det har gjennom byggeperioden oppstått mye uforutsette problemer og variabiliteten har vært høy. Blant annet gjaldt dette:

- Råte i taket
- Oppsmuldret og manglende grunnmur
- utfordringer med gamle sjakter.

En av informantene sa det slik:

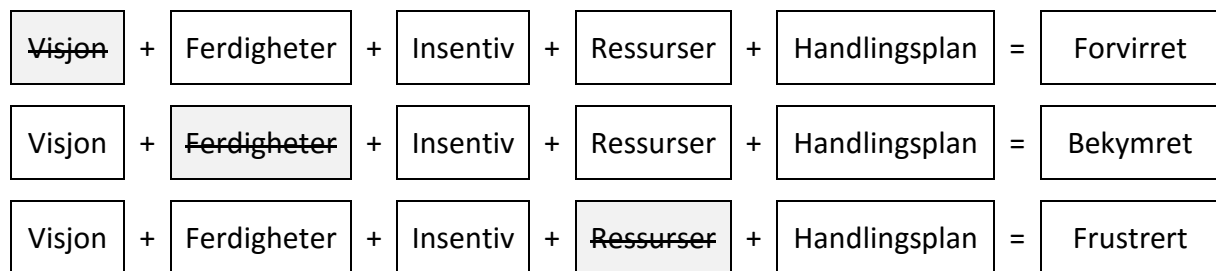
«Alt som kunne gå galt gikk galt. Uavhengig om prosjektet hadde vært planlagt som en tradisjonell gjennomføring eller Lean-gjennomføring hadde problemene oppstått uansett.»

Spesielt har dette gått på bekostning av Takt-planleggingen. Aktørene har slitt med å planlegge og opprettholde en pålitelig arbeidsflyt. Noen av informantene mente at hovedgrunnen til at taktplanleggingen feilet var at prosjekteringsgrunnlaget og BIM-modellen var mangelfull. Mens andre mente at BIM-modellen var rett i de områdene som er skannet, men at en ikke klarte å legge inn tilstrekkelig buffer for å håndtere variabiliteten i de områdene som var mer usikre.

Operativsystemet handler om å få prosjektteamet til å fungere som et team gjennom en Lean-kultur og bruk av Lean-metoder og -verktøy. Prosjektaktørene har prøvd å benytte de pålagte Lean-metodene i henhold til gjennomføringssystemet, men prosjektet har ikke klart å etablere en Lean kultur Elementet operativsystem har derfor vært transformasjonssentrert som tradisjonell prosjektgjennomføring og ikke flytsentret som tiltenkt.

Dersom en sammenligner prosjektets situasjon med Larssons (2003) rammeverk for suksessfullt endringsarbeid ser en at Lean-implementeringen vil feile. Lean Construction ideal og prinsipper manglet eller med andre ord var visjonen fraværende. Videre var ferdighetene begrenset fordi flesteparten av aktørene var nybegynner på å bruke Lean Construction og det fantes ingen ressursperson som kunne veilede dem. Prosjektet hadde insentiv da bruk av Lean Construction kan gi bedre fortjeneste for alle parter.

Prosjektet var påvirket av et pengejag og hadde en for liten tidsramme som beskrevet tidligere. En kan derfor argumentere for at det ikke var tilstrekkelig med ressurser. Det pålagte gjennomføringssystemet kan tolkes som en handlingsplan, på tross av produksjonssystemets mangler. Ut fra dette kan en si at i stedet for suksessfull Lean Construction-implementering ble aktørene forvirret, bekymret og frustrert på grunn av manglende visjon, ferdigheter og ressurser. Figuren under illustrerer dette.



Figur 26: Prosjektets resultat av Lean-implementering etter Larssons (2003) rammeverk for suksessfull endring.

4.5.3 Forretningsvilkår og risikostyring

Et stort flertall av informantene påpekte at prosjektets kontraktsform var lite ideell med tanke på Lean-prosjektgjennomføring. Kontraktsformen var en generalentreprise uten andre kontraktsmessige insentiver enn dagmulkt ved for sen overlevering. Noen av informantene nevnte at mekanismen til en generalentreprise, hvor entreprenør får ekstra fortjeneste for endringer, ikke samsvarer med Lean-prosjektgjennomføring. En slik mekanisme kan føre til sub-optimalisering fordi entreprenøren har et indirekte insentiv til å ønske ekstra endringer.

Noen av informantene trakk fram at en generalentreprise skaper en kontraktsmessig flaskehals mellom byggherre sammen med prosjekteringsgruppe og den utførende part. Denne flaskehalsen hindrer generalentreprenøren selv å løse problemer som ikke samsvarer med kontraktbeskrivelsen. En Lean tilnærming er at de som står problemet nærmest bør ta beslutningene fordi de kjenner situasjonen best. To av informantene sa det slik:

«Generalentreprisen gir en flaskehals mellom generalentreprenør og underentreprenører på den ene siden og byggherre og prosjekteringsgruppen på den andre siden.

«Mekanismen til entrepriseformen gjør at generalentreprenør må dokumentere at endringer har oppstått og få godkjent disse for å få betaling for arbeidet.»

Flere påpekte også at Statsbyggs endringsrutine var med på å bidra til produksjonsstopp. De mente den var for komplisert og at den førte til sløsing som venting og at den gav dårligere arbeidsflyt. Prosjektet tilpasset seg Statsbyggs endringsrutiner ved å gi byggeledelsen mandat til å godkjenne beslutninger der og da, for deretter i ettertid godkjenne dem offisielt. Et fåtalls av informantene påpekte at Statsbyggs endringssystemet fungerer fint dersom man vet hvordan det skal brukes.

Når det gjaldt prosjekteringsgruppens kontraktsform var disse kontrahert med en enhetspriskontrakt. Flertallet av informantene nevnte at prosjekteringsgruppen hadde et høyt timeforbruk. Enkelte av informantene trakk fram manglende målsetning for BIM-modellen som en hovedårsak. Det var ikke satt noen konkrete mål eller grenser for modellens detaljeringsgrad. En konsekvens av dette var at det ble lagt ned mange timer og modellen fikk ut utrolig høyt detaljeringsnivå som nødvendigvis ikke gav merverdi. Andre påpekte også at de prosjekterende produserte detaljtegninger på bestilling fra generalentreprenør som til tider ikke var nødvendig. Slik ble det generert sløsing i form av overproduksjon og overprosessering. Intervjuset under, fra en av informantene, illustrere dette:

«Dersom generalentreprenøren tok kontakt og anmodet en tegning ble den produsert. Dette ville trolig ikke blitt gjort dersom retningslinjene hadde vært mer klare eller prosjektet hadde hatt en annen kontraktsform.»

Hovedargumentene til Statsbyggvalgte å benytte en generalentreprise var, ifølge noen av informanter, at et slikt kulturminnevernprosjekt krevde mye prosjektering i forkant hvor byggherren hadde store påvirkningsmuligheter. Enkelte av informantene nevnte at for å ta hensyn til dette hovedargumentet kunne prosjekteringsgruppen blitt tiltransportert over til generalentreprenører. Slik kunne trolig prosjektet fått et bedre samarbeid og luke bort mer sløsing. Andre nevnte at flere økonomiske insentiver hadde vært gunstig for å bidra til å nå de fastsatte milepælene.

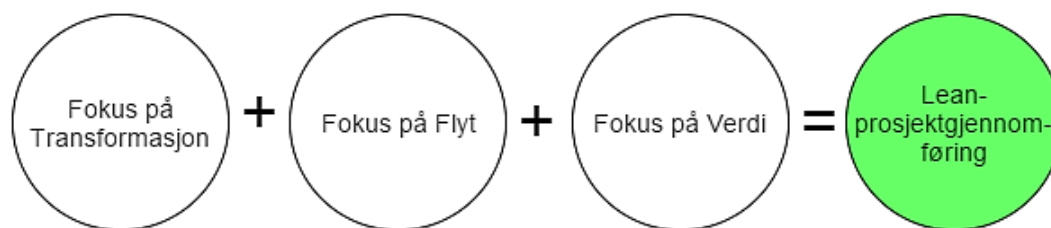
Til tross for kulturminnevern mente flertallet av informantene, at en mer funksjonsbeskrevet kontraktsform, som totalentreprise med partnering-elementer eller en samspillskontrakt, hadde vært bedre egnet for å skape samarbeid på tvers av aktørene. Enkelte av informantene mente at i bunn og grunn hadde kontraktsformen lite å si hvorvidt prosjektet oppnådde Lean-prosjektgjennomføring eller ikke. De mente at dersom aktørene var forberedt på et virkelig samarbeid, fikk man Lean-prosjektgjennomføring uavhengig av kontraktsform.

Ut i fra dette kan det argumenteres for at forretningsvilkårene og risikostyringen i caseprosjektet var basert på tradisjonelle transaksjonsformer. Risikoen ble overført til generalentreprenør hvor risikoen var bakt inn i kontrakten. Relasjonsformen som kjennetegner Lean-prosjektgjennomføring var fraværende.

5. KONKLUSJON

Det femte kapittelet er masteroppgavens endelig konklusjon som svarer på masteroppgavens problemstilling med tilhørende forskningsspørsmål.

Denne masteroppgaven har studert hvilke erfaringer Statsbygg har med Lean-prosjektgjennomføring i rehabiliteringsprosjekt. Lean-prosjektgjennomføring er en prosjektgjennomføring hvor produksjonssystemet forfølger TFV-teoriens mål, illustrert i figuren under. TFV-teoriens mål, sett fra prosjektledelsesperspektiv, er å transformere prosjektet om til arbeidsoppgaver og utføre disse mest mulig effektivt. Dette skjer samtidig som arbeidsflyten forbedres ved å eliminere ikke-verdiskapende aktiviteter, spesielt ved å minimere variabilitet. Samtidig skal en verdien økes gjennom å oversette kundeønsker til designløsninger og produsere løsningen i henhold til det spesifikke designet.



Figur 27: Produksjonssystem som tilstreber TFV-teoriens mål.

For å implementere Lean Construction i rehabiliteringsprosjektet påla Statsbygg bruk av Lean Construction gjennom tildelingskrav i kontraheringen. Her utarbeidet Statsbygg et pålagt gjennomføringssystem, vist i tabellen nedenfor, som aktørene måtte forholde seg til.

Tabell 20: Oversikt over Statsbyggs tiltak for å sikre Lean-prosjektgjennomføring.

Tiltak:	Når:
Krav om minimum gult belte i Lean Six Sigma.	Kontrahering
Separat avdeknings- og riveentreprise	Parallelt med detaljprosjektering
Samhandlingsfase <ul style="list-style-type: none"> - Samhandlingsfase del 1: Massekontroll - Samhandlingsfase del 2: Kunnskapsoverføring - Samhandlingsfase del 3: Fremdriftsplanlegging 	3 måneder før byggestart fram til byggestart
Samarbeidsmodell <ul style="list-style-type: none"> - Samhandlingsfase del 4: Samhandling ved hjelp av BIM 	Byggefase
BIM	Byggefase
Bakover-planlegging, og oppfølging av planen basert på Last Planner Systems møtehierark	Byggefase
Takt-planlegging (Porsche Takt)	Byggefase
Samlokalisering – ICE	Byggefase

Likevel ble caseprosjektets byggefase mer eller mindre gjennomført i henhold til tradisjonell prosjektgjennomføring. Dette samsvarer med prosjekteringsfasen som ifølge Bråthen og Moland (2015) også hadde en tradisjonell gjennomføring på grunn av fravær av Lean-forståelse og mangelfull samhandlingsfase.

Dersom en ser på byggefasens prosjektgjennomføringen gjennom en systematisk tilnærming var prosjektorganisasjonen basert på «kommando and kontroll» på grunn av kontraktstrategien sammen med en dårlig utført samhandlingsfase. Operativsystemet hadde noen Lean-metoder som fungerte, derav BIM og ICE, men den viktige Lean-kulturen og den grunnleggende forståelsen av Lean Construction ideal og prinsipper var fraværende. Forretningsvilkårene var basert på transaksjoner hvor risikoen ble overført til entreprenør.

Hovedgrunnene for at prosjektet ikke oppnådde Lean-prosjektgjennomføring var:

- Prosjektledelsen, både hos generalentreprenør og byggherre, mislyktes med å etablere en Lean-kultur basert på Lean Construction ideal og prinsipper.

- Det manglet et ekte samarbeid mellom aktørene. Kontraktstrategien kan ha påvirket dette i tillegg til at samhandlingsfasen var dårlig gjennomført.
- Produksjonssystemet var ikke forankret og justert til entreprenørens og byggherrens interesser.
- Bygningens grad av uforutsette risiko – Variabilitetsnivået var veldig høyt.

Dette indikerer viktigheten med at prosjektaktørene forstår mekanismene bak Lean Construction og at de oppnår det ekte samarbeidet for å høste effekten og de potensielle godene ved Lean-prosjektgjennomføring. Selv om caseprosjektet ikke oppnådde Lean-prosjektgjennomføring, kan datagrunnlaget tyde på at bransjen er positiv til at byggherrer aktivt prøver å tilrettelegge for mer effektiv prosjektgjennomføring gjennom å pålegge Lean Construction i prosjekt. Som statens byggherre har Statsbygg stor påvirkningskraft på den norske byggebransjen, og videre bruk av å pålegge Lean Construction kan trolig, i et lengre perspektiv, føre til mindre sløsing og lavere kostnader for alle involverte aktører.

Hvorvidt Lean Construction er egnet for rehabiliteringsprosjekt er vanskelig å konkludere ut ifra denne forskningen. Her trengs det videre forskning på rehabiliteringsprosjekt hvor aktørene er i større grad kjent med Lean Construction eller prosjektet får til en bedre implementering av Lean-kulturen.

6. VIDERE FORSKNINGSARBEID

Det sjette kapittelet presenter forslag for videre forskningsarbeid basert på masteroppgavens innhold.

6.1 Lean Construction i rehabiliteringsprosjekt

Videre forskning på hvorvidt Lean Construction er egnet for rehabiliteringsprosjekt foreslås da det er vanskelig å konkludere ut ifra denne masteroppgaven. Her trengs det videre forskning på rehabiliteringsprosjekt hvor aktørene er i større grad kjent med eller en får til en bedre implementering av Lean-kulturen.

6.2 Taktplanlegging i rehabiliteringsprosjekt

Gjennom datainnhenting ble det klart at et stort flertall av informantene var i tvil om taktplanlegging var en egnet Lean-metode for rehabiliteringsprosjekt. Prosjektet opplevde at taktplanlegging krevde mye planlegging i forkant som var vanskelig på grunn av den høye graden av variabiliteten i det gamle bygget. Ett tiltak for å sikre seg mot variabiliteten i taktplanlegging er å legge inn kapasitetsbuffer. Det foreslås derfor å undersøke om taktplanlegging er en egnet Lean Construction-metode for rehabiliteringsbygg – Gjør det høye nivået på kapasitetsbuffer taktplanlegging til en ineffektiv metode?

6.3 Lean Construction som tildelingskriteria

Statsbygg vurderte å benytte «Lean Construction-erfaring» som et tildelingskriteria i caseprosjektet. Dette ble likevel forkastet da Statsbygg var redd for å strupe konkurransen og luke bort kompetente entreprenører. Det foreslås derfor videre forskning på Lean Construction som tildelingskriteria – Oppnår byggherren den ønskede effekten ved bruk av «Lean Construction-erfaring» som tildelingskriteria eller bidrar det til å luke bort kompetente aktører?

6.4 Rutiner for implementering av Lean Construction

Å etablere en Lean-kultur basert på Lean Construction ideal og prinsipper er viktig for å oppnå Lean-prosjektgjennomføring. Selv om Lean Construction har vært kjent i Norge i flere år er det for flere aktører enda et nytt. Dersom en byggherrer ønsker å implementere Lean Construction

inn i sine prosjekt må det derfor tilrettelegges for god Lean-implementering. På bakgrunn av casestudiet kan det argumenteres for at det er behov for standardiserte rutiner for implementering av Lean Construction og gjennomføring av samhandlingsfase. Det foreslås derfor videre forskning rundt standardiserte rutiner for implementering av Lean Construction på prosjektnivå.

7. REFERANSER

- BALLARD, G. 2000a. Lean Project Delivery System. *Lean Construction Institute. White Paper-8 (Revision 1)*
- BALLARD, G. Positive vs negative iteration in design. Proceedings Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-6, Brighton, UK, 2000b.
- BALLARD, G. 2008. The lean project delivery system: An update. *Lean Construction Journal*, 2008, 1-19.
- BALLARD, G. 2016. Lean Leadership (Presentasjon). Trondheim: NTNU.
- BALLARD, G. & HOWELL, G. 2003. Lean project management. *Building Research & Information*, 31, 119-133.
- BALLARD, G., KOSKELA, L., HOWELL, G. & ZABELLE, T. 2001a. Production system design in construction. *Proc. 9th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Constructio.* Singapore, Singapore: Citeseer.
- BALLARD, G., KOSKELA, L., HOWELL, G. & ZABELLE, T. 2001b. Production system design: Work structuring revisited. *White Paper*, 11.
- BALLARD, G. & ZABELLE, T. 2000. Project definition. *White paper*, 9.
- BALLARD, H. G. 2000c. *The Last Planner System of Production Control*. Doctoral Thesis, The University of Birmingham.
- BERTELSEN, S., KOSKELA, L., HENRICH, G. & ROOKE, J. Critical Flow – Towards a Construction Flow Theory. Proc. 14rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Constructio, 2006 Santiago, Chile. IGLC.
- BRYDE, D. J. & SCHULMEISTER, R. 2012. Applying Lean principles to a building refurbishment project: experiences of key stakeholders. *Construction Management and Economics*, 30, 777-794.
- BRÅTHEN, K. & MOLAND, L. E. 2015. Samhandling med BIM og Lean i detaljeringsfasen på Urbygningen ved NMBU. *SamBIM-rapport*. Oslo.
- CLEGG, B., PEPPER, M. & SPEDDING, T. 2010. The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27, 138-155.
- DIFI. 2014. *Doffin - 11917 UiB-Bergen museum, K101 Samspillskontrakt* [Online]. <https://www.doffin.no/Notice/Details/2012-250549>. [Accessed 28 2016].

- DREVLAND, F. & JARDAR, L. 2015. NINE TENETS ON THE NATURE OF VALUE. *Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction*. Perth, Australia.
- FERDOWS, K., LEWIS, M. A. & MACHUCA, J. A. 2004. Rapid-fire fulfillment. *Harvard business review*, 82, 104-117.
- FRANDSON, A., BERGHEDE, K. & TOMMELEIN, I. Takt-Time Planning and the Last Planner. *Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction*, 2014. 23-27.
- FRANDSON, A., BERGHEDE, K. & TOMMELEIN, I. D. Takt time planning for construction of exterior cladding. *Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction*, 2013.
- FRANDSON, A. G., SEPPÄNEN, O. & TOMMELEIN, I. D. 2015. Comparison Between Location Based Management and Takt Time Planning. *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Perth, Australia.
- GOLDRATT, E. M., COX, J. & WHITFORD, D. 2004. *The Goal: a process of ongoing improvement*, New-York, North River Press.
- HOPP, W. J. & SPEARMAN, M. L. 2011. *Factory physics*, New York, Irwin/McGraw-Hill.
- HOWELL, G., MESA, H. & ALARCON, L. Characterization of Lean Project Delivery. *Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction*, 2013 Fortaleza, Brazil.
- HOWELL, G. A. What is Lean Construction. *Proc. 7th Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction*, 1999 Berkeley, USA. 1-10.
- IASSC. u.d. *Certified Lean Six Sigma Yellow Belts* [Online]. <http://www.iassc.org/six-sigma-certification/yellow-belt-certification/>. [Accessed 11.02 2016].
- INGVALDSEN, T. & EDVARDSEN, D. F. 2007. *Effektivitetsanalyse av byggeprosjekter: måle-og analysemetode basert på referansetesting av 122 norske boligprosjekter fra perioden 2000-2005*, Oslo, SINTEF Byggforsk.
- JONSSON, J. 1996. *Construction Site Productivity Measurements: Selection, Application and Evaluation of Methods and Measures*. Doctoral Thesis, Lulea University of Technology.
- JOSEPHSON, P.-E. & BJÖRKMAN, L. 2010. 31 Recommendations for Increased Profit - Reducing Waste. Göteborg: Chalmers University of Technology.
- JOSEPHSON, P. & SAUKKORIPI, L. 2005. Waste in Construction Projects – Need of a Changed View. *Fou-väst, report*, 507.
- KOSKELA, L. 1992. *Application of the New Production Philosophy to Construction*, Stanford university Stanford, CA.

- KOSKELA, L. 2000. *An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction*. Doctoral Thesis, Helsinki University of Technology.
- KOSKELA, L. 2001. On new footnotes to Shingo. *Proc. 9th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction*. Singapore, Singapore.
- KOSKELA, L., HOWELL, G., BALLARD, G. & TOMMELEIN, I. 2002. The Foundations of Lean Construction. *Design and Construction: Building in Value*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- KRAFCIK, J. F. 1988. Triumph of the Lean Production System. *MIT Sloan Management Review*, 30, 41.
- KRISTENSEN, K. H. 2016. Case-rapport: Lean i Urbygningen. *BA2015-initiativet for Statsbygg*. Statsbygg: Faveo AS.
- KUNZ, J. & FISCHER, M. 2009. Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. *Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University*.
- LARSON, A. 2003. *Demystifying Six Sigma: A Company-wide Approach to Continuous Improvement*, AMACOM Div American Mgmt Assn.
- LEVIN, M., NILSSEN, T., RAVN, J. & ØYUM, L. 2012. Demokrati i arbeidslivet: Den norske samarbeidsmodellen som konkurransefortrinn. *Bergen: Fagbokforl.*
- LIKER, J. K. 2004. *The Toyota Way : 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer*, New York, McGraw-Hill.
- LÆDRE, O. 2009. *Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter*, Trondheim, Tapir akademisk forl.
- MATTHEWS, O. & HOWELL, G. A. 2005. Integrated Project Delivery an Example of Relational Contracting. *Lean Construction Journal*, 2, 46-61.
- MODIG, N. & ÅHLSTRÖM, P. 2012a. *Dette er Lean*, Halmstad, Sverige, Rheologica Publishing.
- MODIG, N. & ÅHLSTRÖM, P. 2012b. *This is lean*. Halmstad, Sweden, Rheologica Publishing.
- MOORE, R. 2011. *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools: What Tool? When?*, New York, Butterworth-Heinemann.
- NTNU UNIVERSITETSBIBLIOTEKET. u.d. *VIKO* [Online]. <http://www.ntnu.no/viko/kildekritikk>. [Accessed 23.09 2015].
- ÖHNO, T. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*, New York, Productivity Press.

- OLSSON, N. 2011. *Praktisk rapportskrivning*, Trondheim, Tapir akademisk.
- REYERS, J. & MANSFIELD, J. 2001. The Assessment of Risk in Conservation Refurbishment Projects. *Structural Survey*, 19, 238-244.
- ROLFSEN, M. 2014. *Lean blir norsk : Lean i den norske samarbeidsmodellen*, Bergen, Fagbokforl.
- SHAH, R. & WARD, P. T. 2007. Defining and Developing Measures of Lean Production. *Journal of Operations Management*, 25, 785-805.
- SHENHAR, A. J. & LAUFER, A. 1995. Integrating Product and Project Management—A New Synergistic Approach. *Engineering Management Journal*, 7, 11-15.
- SSB. u.d. *Byggekostnadsindeks og konsumprisindeks* [Online]. www.ssb.no/statistikkbanken/. [Accessed 25.04 2016].
- STATSBYGG 2014. PROSJEKT: TP 10887 / DP 10931 UMB Urbygningen Notat: Lean - Samhandling. <https://kgv.doffin.no/app/docmgmt/downloadPublicDocument.asp?DVID=356129&FMT=1&AT=15&ID=113268>; Doffin.no.
- STATSBYGG.NO. 2015. *NMBU Urbygningen Rehabilitering* [Online]. <http://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/NMBU-Urbygningen/>. [Accessed 03.03 2016].
- STATSBYGG.NO. u.d. *Statsbyggs mål og strategi* [Online]. <http://www.statsbygg.no/Om-Statsbygg/Mal-og-strategi/>. [Accessed 25.04 2016].
- THOMSEN, C., DARRINGTON, J., DUNNE, D. & LICHTIG, W. 2009. Managing Integrated Project Delivery. *Construction Management Association of America (CMAA), McLean*.
- TJORA, A. 2012. *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*, Gyldendal akademisk.
- WIG, B. B. 2013. *Lean: Ledelse for lærende organisasjoner*, Oslo, Gyldendal Norsk Forlag AS.
- WOMACK, J. P. & JONES, D. T. 1996. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Organisation*, New York, Simon and Shuster.
- YIN, R. K. 2003. *Applications of Case Study Research*, Thousand Oaks, California, Sage Publications.
- YIN, R. K. 2014. *Case Study Research: Design and Methods*, Los Angeles, California, Sage Publications.
- ZIMINA, D., BALLARD, G. & PASQUIRE, C. 2012. Target Value Design: Using Collaboration and a Lean Approach to Reduce Construction Cost. *Construction Management and Economics*, 30, 383-398.

ØSTBY-DEGLUM, E., SVALESTUEN, F. & DREVLAND, F. 2013. *Kompendium:
Prosjekteringsledelse*, Trondheim, NTNU.

DEL 2

VITENSKAPELIG ARTIKKEL

A MANDATED LEAN CONSTRUCTION DELIVERY SYSTEM IN A REHAB PROJECT – A CASE STUDY

Kåre Johan Haarr¹ and Frode Drevland²

ABSTRACT

By implementing Lean Construction in projects, a client may improve their project delivery in terms of cost, quality and time. Guidelines regarding public procurement in Norway prevent a large public client of freely choosing contractors. In the project studied in this paper the Norwegian government property developer – Statsbygg – is implementing Lean Construction by mandating, in the tender competition, that the prime contractor and the designers use Lean Construction principles and a handful of selected methods – a mandated Lean Construction delivery system.

This paper address the following question: What are the experiences of using this mandated Lean Construction delivery system in the construction phase with a prime contract in a rehab project? The research presented in the paper is based on a case study of the construction phase of a 470 Million NOK (57 million USD) rehab project of a listed university building with (a) in-depth semi-structured interviews of eight professional key figures from the client, designer group and prime contractor and (b) a document study of project documents and experience reports from the project.

The findings show that the project failed Lean project delivery because of (I) the actors absent understanding of Lean Construction principles and ideal, (II) the lack of real collaboration, (III) the production system was not aligned properly between client and contractor and (IV) the building's amount of unforeseen risks.

The research highlights the importance of project actors' understanding the mechanism behind Lean Construction and the foundation of a real collaboration to reap the benefits. Whether or not Lean Construction is suitable for a rehab project is difficult to conclude based on this research. Further research is needed, where the project's actors are more familiar with Lean Construction.

KEYWORDS

Lean Construction, Contract Strategy, Public Client, Lean Project Delivery, Production System Management

¹ MSc, Student, Department of Civil and Transport Engineering, NTNU - Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, +47 924 925 22, kaarejh@stud.ntnu.no

² Assistant Professor, Department of Civil and Transport Engineering, NTNU - Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, +47 920 64 262, frode.drevland@ntnu.no

INTRODUCTION

Lean Construction (LC) is a theory-based methodology for construction (Koskela et al., 2002), which has theoretical inspiration from Lean Production and the Toyota Production System (Howell, 1999). Projects are temporary production systems (Ballard and Howell, 2003) and Lean is a way of designing systems to minimize waste and generate maximum value (Ballard and Howell, 2003, Koskela et al., 2002). By implementing LC in projects, clients may improve their project delivery in terms of cost, quality and time.

In the past years, LC has entered the Norwegian construction industry. The Norwegian government property developer – Statsbygg – has started to implement LC in its projects. One of Statsbygg's strategic goals is to form the industry of tomorrow by being an innovator of Norwegian construction industry.

Guidelines regarding public procurement in Norway prevent Statsbygg of freely choosing contractors or designers. It is mandated in public procurement to use tender competition in construction projects over a certain budget threshold. The public client is obligated to choose the contractor or designer who satisfy the requirements and wins according to the award criteria. The idea of public procurement is to utilize public funds and ensure fair competition, while the industry's competitive power is developed.

In the rehab project studied in this paper, Statsbygg implemented LC by mandating, in the tender competition, that the prime contractor and the designers used LC principles and a handful of selected methods – a mandated Lean Construction delivery system.

Rehab projects are characterized by a high degree of risks where the sources of risks are diverse and often impact as clusters (Reyers and Mansfield, 2001). A previous study of a rehab project indicated that it is more difficult to apply all aspects of LC, due to the amount of unforeseen challenges and the fact that design is based on a relatively ambiguous production information (Bryde and Schulmeister, 2012).

A previous research on this rehab project, concerning use of LC and BIM in the detailed engineering, concluded that the Lean methodology and the ideal was more or less absent in the design phase. This due to insufficient Lean implementation and lack of ownership to the collaboration phase (Bråthen and Moland, 2015).

This paper looks at the experiences of using this mandated Lean Construction delivery system in the construction phase with a prime contract in a rehab project. This is done by answering the following research questions:

- What does this mandatory Lean Construction delivery system imply?
- To what extent has the rehab project achieved Lean project delivery?
- Why has the rehab project succeeded or failed to achieve Lean project delivery?

Firstly, we present a theoretical framework of production systems and Lean project delivery. Secondly, we describe the research methodology. Finally, we introduce the case study with findings and discussion of what the delivery system implies, the extent of Lean project delivery and causes of why the delivery system failed.

THEORETICAL FRAMWORK

LEAN PROJECT DELIVERY

The term “project delivery system” is traditionally used for a project’s contractual structure, e.g prime contract. The Lean community understand “delivery” in terms of the work process from a building’s concept to commissioning (Ballard and Zabelle, 2000).

Koskela (2000) introduced the TFV-theory of production, which complements the three views of production: Transformation [T], flow [F] and value [V]. Lean project delivery (LPD) systems are structured, controlled and improved in the pursuit of the TFV-theory (Koskela et al., 2002), illustrated in Figure 1. Traditional project delivery focuses primarily on transforming resources to products, and neglects or forgets flow and value.

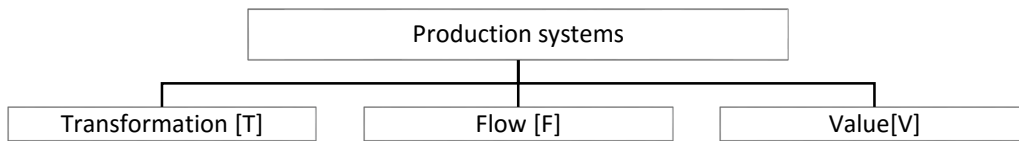


Figure 1: Production systems and TFV-theory.

PRODUCTION SYSTEMS MANAGEMENT

Projects are understood as temporary production systems, which are supplied with materials, information and resources (Ballard and Howell, 2003). Production system management – or in other words: Project management – may be divided into three terms: Designing, operating and improving (Koskela, 2001), illustrated in Figure 2.

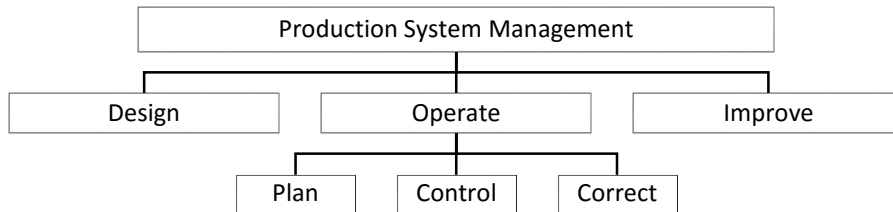


Figure 2: Production system management (Ballard and Howell, 2003).

The purpose of production system **design**, also called Work Structuring, is to design the production system that extend from organization to the design of operations (Ballard et al., 2001a). Organizational structuring has traditionally been the primary focus, while the design of the production system itself has been ignored, although this is an essential part of the design. Work Structuring serves the production system’s three fundamental goals: Deliver the product [T], maximize value [V] and, minimize waste [F] (Koskela, 2000). Work Structuring is designed to achieve both the customers’ and the producers’ purpose. Aligning interests is an important element of the design (Ballard et al., 2001a).

Operating is divided into plan (set specific goals for the system), control (advance towards the plan) and correct (change the means used or the goals persued) (Ballard and Howell, 2003). **Improvement** is implementing learning, continuous improvement and standardisation in the production system.

All production systems that pursue the TFV goals is a LPD-system (Koskela et al., 2002). However, some will be more Lean than others. **Lean Project Delivery System, LPDS**, (Ballard, 2000a) is a prescriptive model for project management. The domain in which LPDS is applicable is project-based production systems. LPDS utilizes, among other things, Last Planner System as the control system, Work Structuring to provide reliable workflow, and early contracting and involvement of downstream actors in upstream decisions (Ballard, 2000a).

PROJECT DELIVERY AS A SYSTEMATIC APPROACH

Project delivery, both traditional and Lean, can be treated as systematic approaches that consist of three elements: Project organization, operating system, and commercial terms and risk management (Thomsen et al., 2009). Table 1 illustrates the different focus for traditional and LPD as a systematic approach.

Table 1: Comparison of traditional and Lean project delivery (Howell et al., 2013)

	Organization	Operating system	Commercial terms
Traditional	Command & Control	Activity centred	Transactions
Lean	Collaborative	Flow centred	Relational

The element **project organization** consists of contract strategy and management of the inter-organizational relationships before and during the project execution (Zimina et al., 2012). An essential part of LPD is to select the right people to set the proper basis for cooperation and include them in the early stages of the project (Howell et al., 2013).

The **operating system** element is to make the project's actors work as one team on a daily basis – The real collaboration. LC tools and methods may be used, but in the end it requires creating a Lean culture through leadership (Zimina et al., 2012).

The element **commercial terms & risk management** concerns contracts, risk and remuneration. LPD contracts are based on collaboration, e.g. IPD (Matthews and Howell, 2005), while traditional contracts use transactional contracts. Traditionally the risk is distributed and transferred among the actors – The risk is hidden in the commercial terms. A contractor will not hesitate to shift the risk further down in the supply chain. This risk shifting is an illusion, in the end the client will always suffer the consequences (Zimina et al., 2012). LPD understands the risk and shares it. First, the risk is reduced by the operating system that measures and improves the workflow. Second, the risk is reduced due to the project organization where the actors collaborate to reduce it (Zimina et al., 2012).

RESEARCH METHODOLOGY

The research presented in this paper is based on a single explanatory case study involving the collection of qualitative data by (a) in-depth semi-structured interviews of eight professional key figures from the client, design group and prime contractor and (b) a document study of project documents and experience reports from the project. All the interviews were conducted at the end of the construction phase. The research has primarily

focused on the construction phase of the project, due to previous researches on the project's detailed engineering phase (Bråthen and Moland, 2015, Kristensen, 2016).

FINDINGS AND DISCUSSION

BACKGROUND FOR THE CASE STUDY

The study looked at a rehab project of a listed 115 years old university building. The building is a part of the Norwegian University of Life Sciences and is located at Campus Ås, 30 km south of Oslo, Norway. The building has three stories with an additional basement and attic. The total gross area is about 8190 m². The building's interior, exterior and surrounding outdoor areas are all listed and the Directorate of Cultural Heritage must approve every change in the project. The scope of the rehab project was to preserve the unique building and adjust it to satisfy current general education standards.

The project's revised cost frame was 470 Million NOK, approximately 57 million USD. The detailed engineering was completed in the second quarter of 2014, while the construction work started in the third quarter of 2014 with a planned commissioning in the second quarter of 2015. This was later revised to the second quarter of 2016.

The project was organized as a lump sum prime contract, while the design group had a unit price contract. The prime contractor was contracted after the completion of the detailed engineering. LC culture, principles and methods were new for almost all actors in the project.

THE MANDATED DELIVERY SYSTEM

An overview of Statsbygg's mandated delivery system is presented in Table 2. Statsbygg's purpose of the system was to pursue the TFV goals – A Lean Construction delivery system.

Table 2: An overview of the public client's mandated delivery system.

Initiatives/tools/Methods	Phase(s)
Requirement for Yellow belt in Lean Six Sigma (IASSC, u.d)	Announcement of tender
A separate inspection-and-partially-uncover contract	Concurrent with detailed engineering
Collaboration phase with a duration of three month	Three month before construction start
BIM, Building Information Modelling	Construction
Pull planning and production control based on Last Planner System's plan hierarchy (Ballard, 2000c)	Construction
Takt Time Planning (Porsche Takt)	Construction
ICE, Integrated concurrent engineering (Kunz and Fischer, 2009)	Construction

By clearly stating the required LC delivery system in the tender announcement, Statsbygg removed unmotivated candidates that did not desire to use LC. The **requirement of the certification of Yellow belt in Lean Six Sigma** for the project managers and foremen was supposed to supported this requirement.

A separate inspection-and-partially-uncover contract was executed concurrent with the detailed engineering phase. The purpose of this contract was to improve the prime contract's design specification and prepare for better workflow in the construction phase. The building's interior design was 3D-scanned to be able to make a more accurate BIM-model. A majority of the informants pointed out that this enabled the designers to produce better specifications for the prime contract. Some also stated that the inspection work ought to have had a bigger scope to identify and reveal even more risks that could have contributed to reduce the amount of unforeseen challenges. The effect of this initiative would have been optimized if the same contractor executed both the contracts. This would have made the prime contractor more familiar with the building and potential challenges.

The intention of **the collaboration phase** was to align the project's actors to establish a real collaboration, a mutual understanding of the risks and uncertainties regarding the building, the prime contract's specifications, work drawings, BIM-model, projects goal, limitations and constraints. Each and all of the informants agreed that such a collaboration phase would have great potential. However, the actual execution of this phase was not in accordance with the plan. All the informants pointed out a lack of clear goals, i.e. what documents was supposed to be produced, and diffuse distribution of responsibility, i.e. who was supposed to manage the phase, were the main reasons for the phase failing.

During the collaboration phase, Statsbygg arranged a three-day LC workshop at Porsche Consulting in Germany to educate the actors in LC. The purpose was to learn and understand the principles of pull planning and Takt Time Planning.

All of the informants agreed on the **BIM-model** being useful for both designers, management and construction workers. In each of the four stories a BIM-kiosk was placed. Both the BIM-model and drawings were available at the BIM-kiosks. To support the BIM-kiosks, project leaders and foremen had access to the BIM-model on their tablet computers. However, according to a few informants, the construction workers did not have full confidence in the BIM-model. This, because the contract stated that the BIM-model was subordinate to both the specifications and the drawings – The specifications was prevailing over the drawings and the drawings over the BIM-model.

The **pull planning and production control based on Last Planner System's plan hierarchy** did not work as intended. The pull planning was executed at the start of the construction phase. The meeting sequence of the production control was *14-10-8-4-1*-weeks before each takt zone. The meetings' agenda were as following: 14 week: Designers prepare and coordinate for the next takt zone, 10 week: Designers conduct interdisciplinary control and complete work drawings, 8 week: Lookahead planning, 4 week: Weekly plans, and 1 week: Final preparation for the takt zone – Ready to start.

A majority of the informants pointed out the main reason for failing the project control was the lack of previous experiences with the lookahead process. The actors did not do the needed preparation before meetings, and this made it hard to maintain a sufficient workable backlog. Another important factor was the amount of unforeseen challenges due to not knowing the actual state of the old building – It was difficult to make the required preparations.

The Takt Time Planning, as the pull planning, did not work properly. Again, the lack of previous experiences made it difficult to carry out. To compensate for this lack of

experience a consultant was hired to establish the Takt Time plans. Despite this effort, the Takt Time Planning was discarded after a few months. The majority of the informants pointed out that the design of the Takt zones and sequences were not suited for the building's design. The building had vertical shafts, which were to be used for risers for electrical and mechanical installations, while the sequences was in horizontal order. A few informants also stated that there were not enough buffers in the plan to compensate for all the uncertainties present as a result of the insufficient workable backlog. When the Takt-train got off track the train was restarted with driving an empty train through the building, however it derailed soon again.

Integrated Concurrent Engineering (ICE) was a useful and suitable method for the project. It made it easier for the actors to communicate, coordinate and ask for assistance. At the start of the design and engineering phase, all of the designers were present at the construction site four days a week, followed by two days a week in the construction phase and once a week towards the end.

THE EXTENT OF LEAN PROJECT DELIVERY

Each and all of the informants stated that the project's construction phase was more or less carried out in accordance with traditional project management. The project started with the mandated LC delivery system, however after a while, the system was discarded and adjusted for the benefit of more well-known traditional project management.

Some blamed the mandated delivery system for making the project execution more complexed than necessary, while others stated that it contributed to reduce the negative result.

As for the project delivery in terms of cost, quality and time, the project performance was not satisfactory compared to the original cost and time goals, while the quality of the work done did satisfy the client.

CAUSES OF FAILURE TO ACHIEVE LEAN PROJECT DELIVERY

Project organization

The prime contractor was included in the project after the detailed engineering and the separate inspection-and-uncover contract was completed. A significant difference between Lean and traditional project management is the relationship between phases and the participants in each phase (Koskela et al., 2002). A Lean approach is to include downstream actors in upstream decisions. I.e. to include the contractor in the design – not after the design is completed. Furthermore, the initiative to extract the inspection-and-uncover from the prime contract is contradictory to a Lean approach, as it results in a more fragmented organization.

The prime contract's award criteria were distributed 65% on cost and 35% on expertise. In a Lean approach, the expertise criteria ought to be more valued. There was a discussion of adding "experience with LC" as an award criterion, however this was discarded due to concern that the field of competitors would become too narrow.

The delivery system was designed before the prime contractor was contracted. There ought to have been a redesign of the production system to align the interests of the client and the contractor, and to adjust it to the mandated delivery system. After all, it is the

producer who must design, control and improve the production system (Ballard et al., 2001a)

Throughout the project, the replacement rate of key project management personal was high. This made the project suffer from discontinuity that induced waste. Some of the informants stated that LC ideas almost disappeared with the change of Statsbygg's project manager, who was responsible for developing the mandated delivery system, after the completion of the detailed engineering. The project did not have any Lean process leader that could facilitate and help the actors when needed after that moment.

Operating system

Questions regarding LC revealed a lack of fundamental understanding of what LC is. As mentioned before, LC was new for many of the actors in the project. The similarity between Six Sigma and LC is debateable (Clegg et al., 2010). Whether the requirement for Yellow belt in Lean Six Sigma has contributed to a better understanding of LC is therefore questionable. A majority of the informants mentioned that they had focus on the mandated Lean methods, with only a vague focus on the underlying principles and ideal. When the focus is primarily on the methods and not the paramount goals, it will generate restriction and not flexibility, as it should (Modig and Åhlström, 2012b). The Fundamental concepts such as minimizing waste and maximizing value (Koskela, 2000) as well as Koskela's eleven LC principles (Koskela, 1992) were either forgotten or unknown. There was a lack of aligning LC with the actors.

Another factor that may have affected the LPD was the amount of new LC elements. There were many methods to learn and comprehend at once. A more gradual approach would perhaps be more effective. It is common to start with Last Planner System as a pilot implementation to assure reliable workflow. When this is working the actors realize the power of the Lean idea (Koskela et al., 2002).

The majority of the informants experienced the building itself to be a challenge. There were many unforeseen challenges, e.g. missing a foundation wall, problems with reusing the old vertical shafts and rot in the roof, and the extra work was substantial. To plan and maintain a predictive workflow was difficult for the novice LC project team.

Commercial terms and risk management

A majority of the informants mentioned the project's contract form not to be ideal. The contract form was a prime contract without any contractual incentives, except day penalties for too late completion. The mechanics of a prime contract may cause sub-optimization due to the contractor earning extra money for alteration work. When problems occur, the contractor needs to prove the need for a change and get an acceptance in order to be paid. Such a process generate waste and contribute to less collaboration.

As for the design group, they had a unit price contract. There was a high hour consumption. The BIM-model did not have any requirements or limitations to what detail level to satisfy. A consequence of this was an extraordinary detail level on the BIM-model. Some of the informants pointed out this to be non-value adding. There were similar cases of waste with the production of detail drawings. The design group did as told – If the contractor asked for a detail drawing that they did not need, they produced it anyway.

The main argument for a using prime contract was the need for control due to the building being a cultural monument. However, the majority of the informants stated that a partnering contract would have adjusted this factor and improved the collaboration.

There was a lot of time and cost pressure in the project. This led to sick-leaves and a stressful workday for the actors. The reason for this, according to informants, was an unrealistic cost and time limit. In the collaboration phase the actors noticed the need for a bigger timeframe, even so the project continued without any changes in the timeframe.

CONCLUSION

The mandated LC delivery system is presented in the previous chapter. However, this delivery system's level of "leanness" is debatable. The project's construction phase was more or less carried out in accordance with traditional project management. From a systematic approach the project organization was based on command and control, due to the lacking of a well-done collaborative phase. The operative system did have some elements of Lean tools, of which BIM and ICE worked out, but the important LC culture and the fundamental understanding of the LC principles and ideal were absent. The commercial terms were based on transactions that transferred risk to the contractor.

The main reasons for the rehab project failing Lean project delivery were:

- Project management, both at the client and contractor side, failed to implement a Lean culture based on Lean Construction principles and ideal.
- Lack of real collaboration. The contract strategy may have affected this, as well as a poorly implemented collaboration phase.
- The production system was not aligned properly between client and contractor.
- The building's amount of unforeseen risks – The level of variability was high.

This indicates the importance of project actors' understanding the mechanism behind LC and the foundation of a real collaboration to reap the benefits. Despite the project's LPD failure the empirical data indicates that the project actors support a further use of mandatory LC in the public sector in Norway as a mean to reduced waste and costs. Whether or not LC is suitable for a rehab project is difficult to conclude based on this research. Further research is needed, where the project's actors are more familiar with LC. Additional future research proposed is (I) whether Takt Time Planning is suited for rehab projects – Does the need for a high degree of capacity buffers make it an ineffective method, and (II) does the use of the award criteria "LC experience" in Norway unduly limit the competition?

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Statsbygg that made this study possible and all the informants for their important contribution.

REFERENCES

Ballard, G. (2000). "Lean Project Delivery System." Lean Construction Institute. White Paper-8 (Revision 1)

- Ballard, G., and Howell, G. (2003). "Lean project management." *Building Research & Information*, 31(2), 119-133.
- Ballard, G., Koskela, L., Howell, G., and Zabelle, T. (2001). "Production system design in construction." *Proceedings of the 9th annual conference of the International Group for Lean Construction*, Citeseer, 9.
- Ballard, G., and Zabelle, T. (2000). "Project definition." White paper, 9.
- Ballard, H. G. (2000). "The last planner system of production control." The University of Birmingham.
- Bryde, D. J., and Schulmeister, R. (2012). "Applying Lean principles to a building refurbishment project: experiences of key stakeholders." *Construction Management and Economics*, 30(9), 777-794.
- Bråthen, K., and Moland, L. E. (2015). "Samhandling med BIM og Lean i detaljeringsfasen på Urbygningen ved NMBU." *SambIM-rapport*.
- Clegg, B., Pepper, M., and Spedding, T. (2010). "The evolution of lean Six Sigma." *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 138-155.
- Howell, G., Mesa, H., and Alarcon, L. "Characterization of Lean Project Delivery." *Proc., 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Howell, G. A. "What is lean construction." *Proc., Proceedings IGLC*, Citeseer, 1-10.
- IASSC (u.d). "Certified Lean Six Sigma Yellow Belts." (11.02, 2016).
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*, Stanford university Stanford, CA.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*, VTT Technical Research Centre of Finland.
- Koskela, L. (2001). "On new footnotes to Shingo."
- Koskela, L., Howell, G., Ballard, G., and Tommelein, I. (2002). "The foundations of lean construction." *Design and Construction: Building in Value*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- Kristensen, K. H. (2016). "Case-rapport: Lean i Urbygningen." *BA2015-initiativet for Statsbygg*, Faveo AS, Statsbygg.
- Kunz, J., and Fischer, M. (2009). "Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions." *Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)*, Stanford University.
- Matthews, O., and Howell, G. A. (2005). "Integrated project delivery an example of relational contracting." *Lean Construction Journal*, 2(1), 46-61.
- Modig, N., and Åhlström, P. (2012). "This is lean." Halmstad, Sweden: Rheologica.
- Reyers, J., and Mansfield, J. (2001). "The assessment of risk in conservation refurbishment projects." *Structural Survey*, 19(5), 238-244.
- Thomsen, C., Darrington, J., Dunne, D., and Lichtig, W. (2009). "Managing integrated project delivery." *Construction Management Association of America (CMAA)*, McLean.
- Zimina, D., Ballard, G., and Pasquire, C. (2012). "Target value design: using collaboration and a lean approach to reduce construction cost." *Construction Management and Economics*, 30(5), 383-398.

DEL 3

VEDLEGG

I. LITTERATURSØK: SØKEORDSTABELL

Søkeord	Antall treff				
	Oria	Scopus	Compendex	Google Scholar	Google
Lean	126774	67991	28335	1,9mill	226mill
Lean AND (norsk OR norge)	52	106	240	7350	1,7mill
(Lean Construction) OR (trimmet Bygging)	2681	1762	1958	1270	11400
((Lean Construction) OR (trimmet Bygging)) AND (owner* OR client* OR byggherre)	211	163	227	301	22
((Lean Construction) OR (trimmet Bygging)) AND (owner* OR byggherre)	110	68	83	368	186
((Lean Construction) OR (trimmet Bygging)) AND (owner* OR byggherre) AND (tidligfase OR front-end OR (project definition))	14	3	3	430	5
((Lean Construction) AND ((contract strategy) OR (procurement strategy)))	15	15	8	61500	1,3mill
((Lean Construction) OR (trimmet Bygging)) AND (owner* OR byggherre) AND ((kontraktstrategi* OR (contract strategy) OR (procurement strategy)) OR (Commercial terms))	7	0	0	0	15
((Lean Construction) AND ((selection criteria*) OR tildelingskriterie* OR (award criteria*)))	10	6	19	92300	28
(Lean Construction) AND (owner* OR client) AND (performance OR effect)	36	53	102	75300	2,14mill
(Lean Construction) AND (owner OR client OR byggherre) AND (value OR verdi)	19365	63	83	98200	13,2mill
(Lean Construction) AND ((Choosing by advantages) OR CBA)	9	5	16	50200	185000
(Lean Construction) AND ((Target Value design) OR TVD)	28	11	26	87900	6160
(Lean Construction) AND ((Lean Project Delivery System) OR LPDS)	21	89	116	95300	854000
(Lean Construction) AND (Last Planner System)	105	119	167	28900	1,13mill
(Lean Construction) AND (Partnering OR IPD OR (Integrated Project Delivery))	94	79	130	56300	8620
Lean AND A3-report	56	15	7	1260	423000

II. A3-RAPPORT: VITENSKAPELIG ARTIKKEL

A Mandated Lean Construction Delivery System In a Rehab Project – A Case Study

Kåre Johan Haarr, MSc Student, Norwegian University of Science and Technology, Norway
Frode Drevland, Assistant Professor, Norwegian University of Science and Technology, Norway

I. Background

- In the past years, LC has entered the Norwegian construction industry. The Norwegian government property developer – Statsbygg – has started to implement LC in its projects.
- Guidelines regarding public procurement in Norway prevent Statsbygg of freely choosing contractors or designers. It is mandated in public procurement to use tender competition in construction projects over a certain budget threshold. The public client is obligated to choose the contractor or designer who satisfy the requirements and wins according to the award criteria. The idea of public procurement is to utilize public funds and ensure fair competition, while the industry's competitive power is developed.
- In the rehab project studied in this paper, Statsbygg implemented LC by mandating, in the tender competition, that the prime contractor and the designers used LC principles and a handful of selected methods – a mandated Lean Construction delivery system.

II. Current conditions

- The study looked at a 470 Million NOK (57 million USD) rehab project of a listed 115 years old university building in Norway. The building is listed and the Directorate of Cultural Heritage must approve every change in the project.
- The project was organized as a lump sum prime contract, while the design group had a unit price contract. The prime contractor was contracted after the completion of the detailed engineering.
- LC culture, principles and methods are new for almost all actors in the project.

III. Working hypotheses

This paper looks at the experiences of using this mandated Lean Construction delivery system in the construction phase with a prime contract in a rehab project. This is done by answering the following research questions:

- What does this mandatory Lean Construction delivery system imply?
- To what extent has the rehab project achieved Lean project delivery?
- Why has the rehab project succeeded or failed to achieve Lean project delivery?

IV. Research Method

- A single explanatory case study involving the collection of qualitative data by:
 - In-depth semi-structured interviews of eight professional key figures from client, design group and prime contractor. Interviews were conducted at the end of the construction phase.
 - A document study of project documents and experience reports from the project.
- The research has primarily focused on the construction phase of the project.

V. Research Findings

- Statsbygg's mandated delivery system:
 - Requirement for Yellow belt in Lean Six Sigma
 - Separate inspection and partially uncover contract
 - Collaboration phase with a duration of three month
 - BIM, Building Information Modeling
 - Pull planning and production control based on Last Planner System's plan hierarchy
 - Takt Time Planning (Porsche Takt)
 - ICE, Integrated Concurrent engineering
- The mandated LC delivery system's level of "leanness" is debatable. The project's construction phase was more or less carried out in accordance with traditional project management.
- From a systematic approach:
 - The project organization was based on command and control, due to the lacking of a well-done collaborative phase.
 - The operative system did have some elements of Lean tools, of which BIM and ICE worked out, but the important LC culture and the fundamental understanding of the LC principles and ideal were absent.
 - The commercial terms were based on transactions that transferred risk to the contractor.

VI. Conclusions

The main reasons for the rehab project failing Lean project delivery were:

- Project management, both at the client and contractor side, failed to implement a Lean culture based on LC principles and ideal.
- Lack of real collaboration. The contract strategy may have affected this, as well as a poorly implemented collaboration phase.
- The production system was not aligned properly between client and contractor.
- The building's amount of unforeseen risks – The level of variability was high.

This indicates the importance of project actors' understanding the mechanism behind LC and the foundation of a real collaboration to reap the benefits.

III. INTERVJUGUIDE: SEMI-STRUKTURERT DYBDEINTERVJU

Fase:	Innhold:
Åpning	<p>Innledningsspørsmål:</p> <ul style="list-style-type: none"> - OK med lydopptak? - Alder: - Firma: - Stilling i firma: - Hvor lenge har du jobbet i bransjen: - Stilling i prosjektet: - Hvor lenge har du vært med i prosjektet: - Har du tidligere deltatt i prosjekter som har benyttet Lean Construction/Trimmet bygging? - Hvordan har du hørt og lært om Lean?
Refleksjon	<p>Tema A – Lean-prosjektgjennomføring - Intro</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hva legger du i begrepet «Lean» og «Lean-prosjektgjennomføring»? 2. Har man gjennom prosjektet fått kursing i Lean Construction? <p>Tema B – Statsbyggs tilrettelegging for Lean-prosjektgjennomføring:</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Hva synes du om at Statsbygg pålegger en gjennomføringsstrategi som legger opp til at entreprenør skal benytte Lean Construction? 4. For å tilrettelegge for mer effektive prosesser ble det gjennomført i forkant en egen avdeknings- og riveentreprise. Gav dette den ønsket effekten? Hva kunne eventuelt vært gjort annerledes? 5. Gjennom Lean-samhandlingsnotat ble det pålagt at aktørene skulle benytte prinsipper og metoder fra Lean Construction. Nedenfor listes det opp de pålagte metoden. Ble disse brukt og har disse gitt en positiv effekt? <ol style="list-style-type: none"> a. Aktørene skulle sertifiseres med gult belt i Lean Six Sigma b. Samhandlingsfase 3 måneder før byggestart. c. BIM – Samhandling ved hjelp av BIM. d. Bakover-planlegging med fastsatt møtstruktur (14-10-8-4-1) e. Takt-planlegging f. Samlokalisering av prosjektgruppe og entreprenør

Tema C – Aktørenes virkemidler for Lean-prosjektgjennomføring

6. Statsbygg har gjort en innsats for å legge til rette for Lean-prosjektgjennomføring. Hvilke tiltak har de andre aktørene (Generalentreprenør, underentreprenør, prosjekterende og byggeledelse) gjort for å få dette til?

Tema D – Særskilte utfordringer knyttet til Lean-tilretteleggelsen?

7. Har det oppstått noen særskilte utfordringer knyttet til Lean-tilretteleggelsen?
8. Hvordan tilpasset prosjektet seg disse utfordringene?

Tema E – Lean Construction – Alternativ prosjektgjennomføring

9. Et sentralt punkt i Lean Construction er at man får et godt samarbeid mellom aktørene der en spiller på lag. Hvordan synes du kontraktsformen generalentreprise passer sammen med Lean Construction?
10. Er det andre virkemidler Statsbygg kunne brukt for å tilrettelegge for å få en mer Lean- prosjektgjennomføring i et slikt rehabiliteringsprosjekt?
11. Er det andre egnede Lean-virkemidler de andre aktørene kunne benyttet i et slikt rehabiliteringsprosjekt?

Tema F – Lean Construction – Gevinster, suksesskriterier og videre læring

12. Hvilke potensielle gevinster mener du Lean Construction kan gi i et slikt rehabiliteringsprosjekt?
13. Hvilke suksesskriterier mener du skal til for å få Lean-prosjektgjennomføring i et rehabiliteringsprosjekt?
14. Er det noen spesielle Lean-erfaringer du tar med deg fra dette prosjektet til neste prosjekt?

Tema G – Lean-prosjektgjennomføring - Avslutning

15. Bak tiltakene/metodene står Lean Constructions prinsipper sentralt. Har man gjennom prosjektet hatt ekstra fokus på:
 - a. Redusere sløsing (venting, defekter, unødvendig transport, ...)
 - b. Redusere variabilitet (Kapasitet- inventar- og tidsbuffer)
 - c. Revurdere kundebehov underveis for å øke outputverdien
 - d. Samarbeid og arbeide mot felles mål
 - e. Prosessgjennomsiktighet – Alle skal forstå hva som skjer, hvorfor og når.
 - f. Benchmarking (målinger, for eksempel PPU)

	<p style="text-align: center;">g. Kontinuerlig forbedring i prosjektet</p> <p>16. Sentrale punkter i Lean-prosjektgjennomføring er flyt, transformasjon og verdi. Der en fokuserer i større grad på flyteffektivitet, i forhold til tradisjonell ressurseffektivitet. I hvilken grad mener du at prosjektet har oppnådd:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ God flyt (Fokus på de ikke-verdiskapende-aktivitetene) ○ Effektiv bruk av ressurser transformert til produkter. ○ Å gi god verdi til kunde (Neste ledd i produksjonen og sluttkunde)
Avrunding	<p>Avslutningsspørsmål:</p> <p>17. Vi er på slutten nå, er det noen andre forhold du ønsker å trekke fram i denne forbindelsen?</p> <p>Videre informasjon:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervjuet blir renskrevet og langt inn anonymt i databasen - Det kan være anonyme uttalelser blir sitert i masteroppgaven. (For å gi leseren mulighet til å komme tettere på «empirien»). - Ut fra erfaringsdata fra intervju blir det også skrevet en vitenskapelig artikkel til konferansen IGLC2016 i Boston USA (International Group for Lean Construction).