

Verdiskapende samspill i prosjekteringsprosessen

Espen Kvåle Jordheim

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Frode Olav Drevland, BAT

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



Oppgavens tittel: Verdiskapende samspill i prosjekteringsprosessen Value-creating Collaboration in Building Design	Dato: 12.juni 2012		
	Antall sider (inkl. bilag): 118		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Espen Kvåle Jordheim			
Faglærer/veileder: Frode Drevland (NTNU)			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Kjartan Einarsson (Veidekke) Helge Blindheim (Veidekke)			

Ekstrakt: <p>The building and construction industry is characterized by poor communication, imbalances in the use of resources, poor coordination, and erratic decision making. This causes high costs, unnecessary use of time, and poor execution ability. The industry has seen itself compelled to initiate a development to prevent these unfortunate implications. There has already been a positive development in the production process, and there is now a desire to improve the early stage through the planning process.</p> <p>Veidekke ASA has been a pioneer in implementation of lean-principles in the production stage. This was carried out by introducing the concept Involved Planning (“Involverende Planlegging”). This introduction has been done successfully and Veidekke ASA wishes to transfer the positive effects over to the design stage. However, it appears that this implementation cannot occur directly. The fundamental properties of desing need to be accounted for.</p> <p>With a great representation of uncertainty and variability, it is desirable to gain control over a complex design process. It is time to modernize design, and introducing principles from the lean-philosophy is a criterion for success. Also, a comprehensive concept called VDC is developed which includes this lean-philosophy in addition to theory regarding creativity and collaboration. Through an open and healthy environment, the goals of the project shall be achieved collectively through integration and close interaction.</p> <p>The projecting process differs from the production process in that it has different dependencies on the activities as well as a greater degree of creativity and collaboration. These variances contribute to increased complexity and challenges in terms of planning, organizing, and structuring. This thesis addresses the interactive activities between the participants and looks at how the interaction can be improved, thus increasing the value of the end product for customers.</p> <p>The thesis is conducted as a case study for one of Veidekke ASA’s projects in Bergen. In addition to being a study of literature, VDC is interpreted as an important concept to develop. A clarification (through standardization where possible) of the concept and a basic determination of what VDC entails will be one of the biggest challenges for a successful implementation. A complete concept must be presented.</p>
--

Stikkord:

1. Building Design
2. Lean Construction
3. Creative Design
4. Collaborative Management

FORORD

Følgende oppgave er en masteroppgave utarbeidet på institutt for bygg, anlegg og transport ved fakultet for teknologi og ingeniørvitenskap på Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet (NTNU), i Trondheim. Oppgaven hører til emnet *TBA 4910 Prosjektledelse, masteroppgave*, og er avsluttende for sivilingeniørgraden. Oppgaven har et omfang på 30 studiepoeng, fordelt over 20 uker.

Interessen for temaet prosjekteringsledelse har kommet etter gjennomføring av emnet *TBA 4127 Prosjekteringsledelse* samt en prosjektoppgave i emnet *TBA 4531 Prosjektledelse, fordypningsprosjekt*. Prosjektoppgaven ble gjennomført i høstsemesteret 2011, og mye av grunnlaget for masteroppgaven ble lagt her.

Masteroppgaven har et mer praktisk perspektiv enn hva prosjektoppgaven hadde. Grunnet dette har jeg fått muligheten til å delta i Veidekke AS sin prosjekteringsprosess ved Ørnen Hotell (Bergen). I tillegg har jeg fått deltatt på diverse kurs og møter som har vært inspirerende. Noe jeg er takknemlig for. Forståelsen og informasjonen jeg har fått, har vært svært verdifull.

Jeg vil gjerne takke Kjartan Einarsson og Helge Blindheim i Veidekke for måten de har inkludert meg i Veidekke AS sitt arbeid. Denne prosessen har vært svært relevant for mitt arbeid med denne oppgave, og gitt meg motivasjon for videre arbeid i bransjen. I tillegg vil jeg takk faglærer Frode Drevland ved NTNU for god veiledning og tilbakemelding.

Bergen, 12.6.2012

X

Espen Kvåle Jordheim

SAMMENDRAG

Prosjekteringsprosessen er en kompleks del av byggeprosjektet hvor det er knyttet en rekke usikkerheter og variabler til. Dette medfører til uforutsigbarhet når det kommer til planlegging. Kompleksitet er i høy grad tilstedeværende, og det ønskes å håndtere den på en bedre måte. Prosjektering kan deles inn i tre ulike elementer; produkt, organisasjon og prosess, og det ønskes sikkerhet i planlegging av detaljer knyttet opp til disse tre elementene. Prosjektering har lenge blitt strukturert og angrepet på en tradisjonell og umoderne måte, men en tidsriktig og integrert måte å gjøre dette på er under utvikling. Teorien er der, men for å skape suksess kreves en praktisk tilnærming og en tilpassning til det skandinaviske markedet. Moderne prosjektering tar utgangspunkt i tradisjonell praksis, men tilfører et sterkt fokus på oppnåelse av informasjonsflyt og kunde verdi. Prosjektering styres ut i fra tre konsepter hvor hvert av konseptene håndteres på ulikt sett. Deler av prosjekteringen kan sammenlignes med produksjon, og kan hente styrke fra erfaringer med produksjon. Andre aktiviteter baserer seg i mye større grad på verdien som skapes gjennom interaksjoner mellom aktører fra ulike fagfelt. Mellom aktørene oppstår det en kreativ prosess, som gir resultater som ikke kunne vært oppnådd på egenhånd. For å skape suksess er det essensielt å utnytte symbiosen som utspiller seg gjennom samhandling. Ved å ta utgangspunkt i generell Lean-filosofi, skaper man en kultur og en organisasjon som er sunn og søker rene, verdiskapende aktiviteter. Suppleres og forenes denne teorien med et åpent samspill og inkluderende lederskap, skapes det et helhetlig konsept som gjennom felles mål legger det til rette for et samarbeid som skaper stor verdi for kunden. Integrasjon og inkludering fører til større fleksibilitet og forutsigbarhet. Konseptet omtales som VDC, hvor prosjekteringsproduktet representeres gjennom en bygningsinformasjonsmodell (BIM). Modellen er kompleks, og skaper god forståelse gjennom detaljert og entydig visualisering. Den fremtidige prosjekteringsprosessen vil karakteriseres som integrerende, basert samspill mellom aktørene. Det er i dette kreative samarbeidet at verdi oppstår, og suksess skapes. VDC medfører et forbedringspotensial når det kommer til informasjonsdeling, samhandling, planlegging, visualisering og kommunikasjon.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	I
Sammendrag.....	II
Tabelliste	V
Figurliste	VI
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål	4
1.3 Forskningsspørsmål	5
1.4 Omfang og begrensninger.....	6
1.5 Oppgavens oppbygning	7
2 Metodebeskrivelse	8
2.1 Bakgrunn	8
2.2 Valg av metode	8
2.3 Litteraturstudium	10
2.4 Kildekritikk.....	11
2.5 Empirisk studium.....	12
3 Prosjekteringsprosessen.....	14
3.1 Bakgrunn og karakteristika	14
3.2 utfordringer	15
3.3 Aktører	16
3.4 Faser.....	17
3.5 Aktiviteter	19
3.6 Avhengigheter	20
3.7 Koordinering.....	21
3.8 Tradisjonell organisering.....	21
4 Design og Kreative Prosesser.....	23
4.1 Bakgrunn	23
4.2 Forståelse av ordet <i>collaboration</i>	23
4.3 Karakteristika.....	24
4.4 Kreativitet i design	29
5 Lean Manufacturing	30
5.1 Bakgrunn	30
5.2 Toyota Production System	31

5.3	Lean Construction.....	32
5.3.1	Generelt.....	32
5.3.2	Elementært.....	33
5.4	The Last Planner™ System.....	34
6	Lean Prosjektering.....	37
6.1	Bakgrunn.....	37
6.2	Moderne og samhandlende prosjektering.....	37
6.2.1	Set-based design.....	42
6.3	Konseptualisering.....	43
6.3.1	Omforming.....	43
6.3.2	Informasjonsflyt.....	45
6.3.3	Verdigenerering.....	47
6.3.4	Integrasjon av konseptene.....	49
6.4	Implementering av Lean-filosofi i prosjekteringsprosessen.....	50
6.4.1	Hindringsanalyse.....	52
6.4.2	Utfordringer.....	52
7	VDC – Virtual Design and Construction.....	54
7.1	Bakgrunn.....	54
7.2	Innhold.....	55
7.3	Elementer.....	56
7.4	Fordeling av kostnad og arbeid.....	58
7.5	Verdioptimalisering.....	60
7.6	BIM – Building Information Modeling.....	61
7.7	IP – Involverende Planlegging.....	63
7.8	ICE – Integrated Concurrent Engineering.....	64
8	Erfaringer fra Ørnen Hotell.....	72
8.1	Bakgrunn.....	72
8.2	Observasjon av møter.....	73
8.3	Forbedringspotensiale.....	75
9	Erfaringer fra City Lade og Skandinavisk VDC-treff.....	78
9.1	Bakgrunn.....	78
9.2	Strukturering av prosjekteringsmøtet.....	78
9.3	Erfaringer og observasjoner.....	80
9.1	Skandinavisk VDC-treff.....	81
10	Drøfting og resultat.....	82

10.1	Forskningsspørsmål 1.....	82
10.2	Forskningsspørsmål 2.....	84
10.3	Forskningsspørsmål 3.....	89
10.4	Forskningsspørsmål 4.....	94
10.5	Drøfting av formålet.....	97
11	Konklusjon.....	103
11.1	Konklusjon.....	103
11.2	Videre arbeid	104
12	Referanser.....	107

TABELLISTE

Tabell 1: Oppgaveinndeling.....	7
Tabell 2: Litteratur.....	11
Tabell 3: Kriterier for kildekritikk.....	11
Tabell 4: Inndeling av prosjekteringsprosessen	18
Tabell 5: Avhengigheter mellom to aktiviteter (A og B)	20
Tabell 6: Double Diamond.....	25
Tabell 7: Integrert kreativ design modell	28
Tabell 8: Lean-prinsipper.....	30
Tabell 9: Systemkomponenter; Tidsbruk.....	31
Tabell 10: Toyotas syv typer waste	32
Tabell 11: The Five Big Ideas (Forbes og Ahmed 2011) & (Lichtig 2005).....	34
Tabell 12: Moderne utfordringer	39
Tabell 13: Respons på globale endringer	40
Tabell 14: Konseptualisering.....	50
Tabell 15 : Lean VS. The Workshop Model	52
Tabell 16: Hva VDC innebærer (Kunz og Fischer 2009)	56
Tabell 17: ICE-tilnærming på hindringsanalyse.....	66
Tabell 18: Fordeler med ICE.....	70
Tabell 19: Potensial ved bruk av ICE	71
Tabell 20: Sammenhenger	87
Tabell 21: VDCs tilpasningsevne til markedsendringer	93

Tabell 22: Løse utfordringene	102
-------------------------------------	-----

FIGURLISTE

Figur 1: Verdiskapende Samspill.....	3
Figur 2: Virtual Design and Construction.....	4
Figur 3: Forskningsmetoder.....	9
Figur 4: Tidsbruk i prosjektering	14
Figur 5: Tradisjonell kommunikasjon	22
Figur 6: Double Diamond	25
Figur 7: Illustrasjon av de to design-områdene.....	26
Figur 8: FBS-rammeverk	26
Figur 9: Integriert kreativ design modell	27
Figur 10: Forhold mellom FBS og prosjektering.....	29
Figur 11: The Five Big Ideas	34
Figur 12: Implementering av integriert prosjektering.....	38
Figur 13: Rammeverk (Kamara, Anumba, og Cutting-Decelle 2007).....	41
Figur 14: Moderne kommunikasjon.....	41
Figur 15: Set-based design ((Lee, Tommelein, og Ballard 2010).....	42
Figur 16: WBS (Koskela 2007)	45
Figur 17: DSM (Koskela 2007)	46
Figur 18: QFD (Koskela 2007).....	48
Figur 19: The Workshop Model	48
Figur 20: De syv forutsetninger (Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth 2010).....	52
Figur 21: Definisjon VDC.....	54
Figur 22: Nivåer av VDC (POP).....	55
Figur 23: VDC-faser.....	57
Figur 24: VDC, kostnadsfordeling	58
Figur 25: Usikkerhet og endringsmulighet(Samset 2008).....	59
Figur 26: Nytte/kostnad av tileggsinformasjon(Samset 2008)	59
Figur 27: Ulike synspunkt (Jensen, Hamon, og Olofsson 2009).....	61
Figur 28: Tidsbruk i prosjektering	63

Figur 29: Involverende prosjektering	64
Figur 30: Fysisk miniatyrmodell av Ørnen Hotell(Veidekke/Niels Torp AS Arkitekter) .	72
Figur 31: Agenda onsdager, City Lade.....	79
Figur 32: Agenda torsdager, City Lade	79
Figur 33: ICE-prosjektering © Espen K. Jordheim, NTNU/Veidekke.....	80
Figur 34: VDC-treff; © Fredrik Wincent, Veidekke	81
Figur 35: Utvikling av kommunikasjonskanaler	91
Figur 36: Hva er VDC?.....	92
Figur 37: Tredeling av VDC (POP).....	92
Figur 38: VDC, ny	99

1 INNLEDNING

Dette kapittelet beskriver og gir en innføring om bakgrunn, formål, problemstilling og definerer oppgavens oppbygning og begrensninger.

1.1 BAKGRUNN

Bygg- og anleggsnæringen har gjennom flere år ligget på latsiden når det kommer til utviklingen av prosedyrer og prinsipper. Gjennomføringen av prosjekter har blitt gjort på samme måte som den *alltid* har blitt, noe som har bidratt til at næringen fremstår som gammeldags, umoderne og preget av mye feil. Det er først nå i løpet av de siste 20 årene at en fundamental endring har blitt gjennomført. Næringen har sett seg nødt til å lære av andre bransjer, og derfor overført prinsipper fra dem. Historisk sett stammer prinsippene fra bilindustrien, nærmere bestemt de metodene Toyota brukte for å være konkurransedyktige mot de amerikanske og europeiske bilmarkedene. Filosofien ble kalt Toyota Production System, og fundamentet i dette systemet har i senere tid blitt kjent som Lean Manufacturing. Begrepet Lean, ble først innført i 1988 av John Krafcik og betegnet en overlegen produksjonsmetode (Forbes og Ahmed 2011). Bransjene som anvendte filosofien fikk økte inntekter, reduserte sløsing og økt tilførselen av verdi. Fokuset ble å gjøre de riktige tingene, til riktig tidspunkt. Kort oppsummert handler Lean nettopp om dette – minimering av *waste*, maksimering av verdi og en kontinuerlig læringsprosess som bidrar til forbedring.

Som et grep for å håndtere BA-næringens største utfordringer har Lean-filosofien fått rotfeste hos flere av de store entreprenørene og byggherrene både nasjonalt og globalt. De største utfordringene og problemene bidrar til at næringen har fått et dårlig omdømme, og oppsummeres under (Holt 2011):

- ✓ Dårlig produktivitet og effektivitet
- ✓ Liten innovasjon
- ✓ Dårlig kvalitet og HMS

Lean Construction tar utgangspunkt i tradisjonell Lean-filosofi, og er tilpasset BA-næringens kompleksitet og unike karakter. Innføring av filosofien har vært et

suksesskriterium for den positive utviklingen bransjen har hatt de siste årene. Effektiviteten har økt, kostnadene har sunket og kunde verdien av prosjekter har steget. Allikevel ser man forbedringspotensial for å kunne gjennomføre mer optimale byggeprosjekt med tanke på tid, kostnad og kvalitet. Lean Construction har tidligere kun vært innført i produksjonsprosessen, men det er nå et ønske om å tilpasse filosofien til prosjekteringsprosessen. Dette er enklere sagt enn gjort ettersom prosessen er unik, kompleks og inneholder aktiviteter som i stor grad skiller seg fra produksjonsprosessen. Dette medfører at en direkte overføring av prinsipper og metoder kan være problematisk, og dermed ikke innfri ønske om forbedring.

Det er flere årsaker til at man ønsker et paradigmeskifte hva angår filosofi, prinsipper og gjennomføringsmodeller i prosjekteringsprosessen. De viktigste er listet opp under:

- ✓ Dårlig kommunikasjon
- ✓ Mangel på koordinasjon mellom fag
- ✓ Mangel på tilstrekkelig informasjon
- ✓ Feil ved informasjon
- ✓ Ubalansert ressursbruk
- ✓ Mangel på praktisk innsikt hos de prosjekterende
- ✓ Uberegnelig beslutningstaking
- ✓ Ueffektiv planlegging og kontroll
- ✓ Dårlig kvalitet på tegninger og beskrivelser

(Tilley 2005) & (Tzortzopoulos og Formoso 1999)

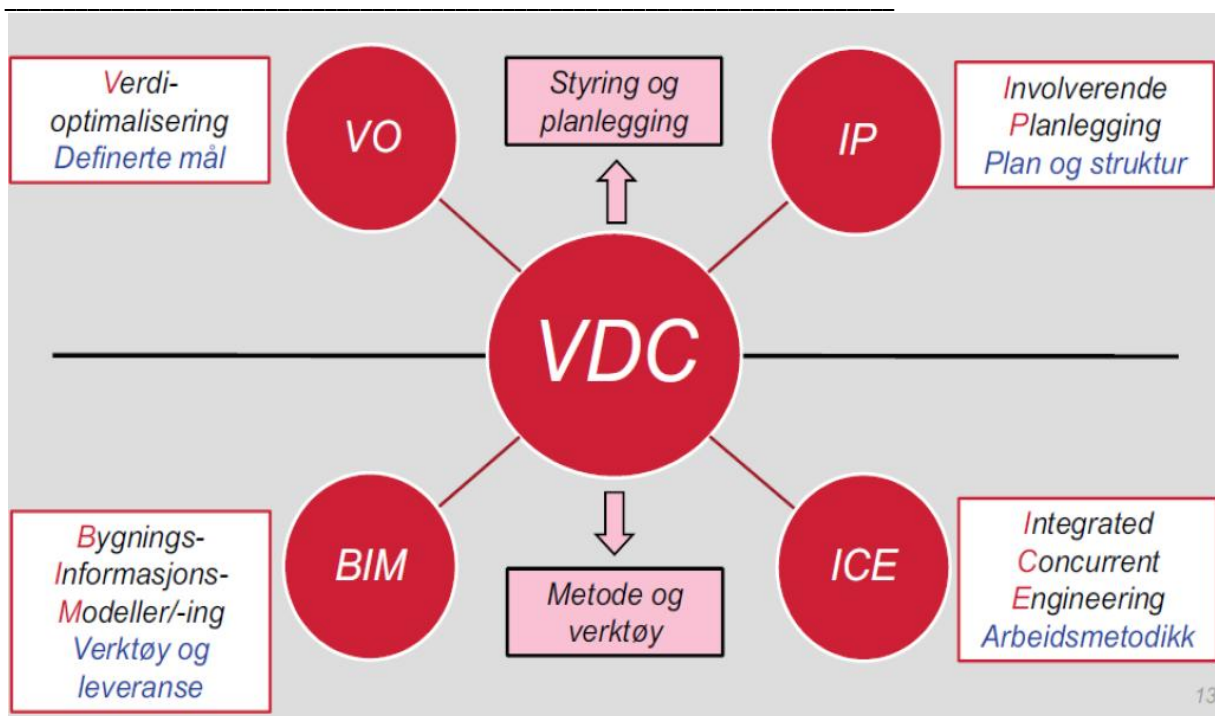
Når man innfører en slik ny filosofi er det ikke bare å bruke metoder og prosesser direkte, men man er avhengig av også å ha innarbeidet en god kultur som ligger til grunn for utviklingen og implementeringen av den nye filosofien. Veidekke, som er en av Skandinavias største entreprenører, har i stor grad innført Lean-filosofien med hell. Mye av æren for dette skal *Veidekke-kulturen* ha. Lean krever respekt for mennesker og de aktører som inngår i de ulike prosjekter. Nettopp denne grunnleggende respekten har vært viktig i utarbeidelsen av det verdiskapende samspillet som Veidekke søker. Dette visualiseres i Figur 1.



Figur 1: Verdiskapende Samspill

Lean Construction anvendes i produksjonsprosessen hos Veidekke, og har sammen med The Last Planner System™ fått sitt eget særpreg gjennom konseptet *Involverende Planlegging* – IP. Som resten av næringen, ønsker også Veidekke å forbedre aktivitetene som forekommer i prosjekteringsprosessen. Man har en visjon om blant annet null byggefeil og null sløsing. Prosessene skal forbedres slik at man oppnår bedre flyt og kommunikasjon. Ved en overføring av erfaringer fra produksjonsprosessen er det naturlig å ta utgangspunkt i den allerede fungerende IP. For en optimal anvendelse må man undersøke hvilke prinsipper og erfaringer fra IP det er mulig å overføre.

En fellesbetegnelse for arbeidsmetodikken og de tekniske hjelpemidlene som blir tatt i bruk i prosjekteringsprosessen, kalles i Veidekke for *Virtual Design and Construction* – VDC. VDC er en sentral brikke når det kommer til optimalisering av prosjekteringsprosessen, men er ikke fullt utviklet. En enkel visualisering av oppbygning til VDC sees i Figur 2.



Figur 2: Virtual Design and Construction

1.2 FORMÅL

Selve fundamentet i og hensikten med denne oppgaven er formulert som følgende:

En studie av VDC, prosjekteringsprosessen og generell Lean-teori. På bakgrunn av dette studiet skal oppgaven resultere i anbefalinger for utviklingen av samspillet og de kreative prosessene som utspiller seg mellom aktører fra de ulike fagene for oppnåelse av økt kunde verdi i den fremtidige prosjekteringsprosessen hos Veidekke.

Det tas utgangspunkt i to prosjekter hos Veidekke. Det første er prosjekteringen av et hotell i Bergen – Ørnen Hotell, den andre er prosjekteringen av påbyggingen av et kjøpesenter i Trondheim – City Lade. Prosjektet i Trondheim har en mer moderne prosjekteringsprosess der momenter ved VDC er mer tilstede. Prosjektet i Bergen er av mer tradisjonell art. Et interessant moment er å se forbedringspotensialet ved å studere prosjektet i Bergen, og se om mine observasjoner og anbefalinger er tatt høyde for i prosjektet i Trondheim. Resultatet av oppgaven vil nok ikke være konkluderende og konkrete forslag på hvordan prosjekteringsprosessen skal være. Dette vil være noe ambisiøst, ettersom kunnskap om prosjekteringsprosessen er noe som man oppnår

gjennom flere år med erfaring. Denne oppgaven vil se på prosjekteringsprosessen med bakgrunn i observasjoner fra reelle prosjekter og et litteraturstudium, og vil komme med anbefalinger på bakgrunn av nettopp dette.

1.3 FORSKNINGSSPØRSMÅL

Følgende forskningsspørsmål ligger til grunn for å kunne oppnå målet med denne masteroppgaven:

- ✓ ***Hvor ligger forbedringspotensialet i dagens gjennomføringsmetodikk med tanke på samarbeid og interaksjoner mellom fagene?***

Med støtte fra litteratur skal prosjekteringsmøter for de to prosjektene overværes, og gi signal på hvordan prosjekteringsprosessen er bygd opp og hvordan aktørene forholder seg til hverandre. Forhåpentligvis vil observasjonene føre til en bevisstgjøring av hvilke rutiner og handlinger som behøver en endring og forbedring for å kunne øke kundeverdien og grad av suksess i et prosjekt.

- ✓ ***I hvilken grad kan Involverende Planlegging og Lean-teori ha en positiv effekt på struktureringen og gjennomføringen av prosjekteringsprosessen?***

Teoretisk og empirisk studium av hva IP er, og hvordan det utspiller seg. Forskningsspørsmålet vil også kunne gi svar på hvilke prinsipper og erfaringer som kan overføres til prosjekteringsprosessen.

- ✓ ***Hvilket bidrag vil innføring av VDC og ICE-prosjektering ha på samhandlingen mellom aktørene?***

Undersøke hvilke positive følger VDC og ICE gir på samarbeidet og effektiviteten av den.

- ✓ ***Hva kjennetegner en kreativ prosess, og hvordan optimaliserer vi denne?***

Prosjekteringsprosessen kjennetegnes med blant annet dens kreative art. Hvordan vi kan utnytte og optimalisere denne prosessen for å øke kundeverdien, vil være et sentralt spørsmål i denne oppgaven.

Arbeidsprosessen som ligger bak dette ferdige produktet er gjennomført over 20 uker. Noe av teorien som er beskrevet i oppgaven er tatt fra prosjektoppgaven som undertegnede skrev høsten 2011. Det er i all hovedsak store deler av kapittel 5 som er felles mellom masteroppgaven og prosjektoppgaven, dette kapittelet bør derfor ikke vektlegges under sensur av oppgaven – men er av så sentral art at det må være med for å besvare problemstillingen i masteroppgaven. Masteroppgaven representerer avslutningen på sivilingeniørgraden i bygg- og miljøteknikk som er tatt over de siste 5 årene. Oppgaven gir 30 studiepoeng på NTNU, og har vært et heltidsprosjekt. Der prosjektoppgaven ble sentrert rundt teori, har denne masteroppgaven tatt for seg betraktelig mer teori samt innblikk i prosjekteringsprosessen hos en bedrift. Det har i hovedsak vært sett på et byggeprosjekt, men for å skape mer empirisk materiale til oppgaven har undertegnede også fått innblikk i et annet prosjekt samt deltatt på to dagers seminar der erfaringer med Lean prosjektering ble gjort på tvers av de skandinaviske landegrensene. Med et innblikk i den skandinaviske bygg- og anleggskulturen vil det være enklere å kunne komme med anbefalinger på hvordan prosessen kan organiseres. Implementeringen av Lean prosjektering er absolutt i en startfase, slik at også masteroppgaven har et teoripreg. Det har allikevel vært nyttig og få innsyn i mer praktiske problemområder for å skaffe seg en mer realistisk erfaring av prosjekteringsprosessen.

I selve prosjekteringsprosessen er det flere tema som er interessante å ta tak i, masteroppgaven er begrenset til å omfatte interaksjoner og samhandling mellom de faglige aktørene i prosjekteringsprosessen og hvordan disse kan forbedres. For å kunne avgrense oppgaven har det ikke tatt særlig hensyn til de økonomiske aspektene ved prosessen, noe som selvsagt vil være relevant ettersom planlegging krever tid, og tidsbruk generer utgifter. I tillegg er det ikke brukt tid i denne oppgaven på å kartlegge og beskrive bruken av Bygningsinformasjonsmodeller – BIM. Riktignok er dette kommentert i form av effektiv kommunikasjon og samhandling.

1.5 OPPGAVENS OPPBYGNING

Oppgaven har en logisk oppbygning der teorien blir presentert, og senere tatt opp igjen og drøftet opp mot de empiriske erfaringene undertegnede har fått gjennom arbeidet med oppgaven.

Inndeling	Kapitler
Introduksjon	1. Innledning
	2. Metodebeskrivelse
Teoretisk del	3. Prosjekteringsprosessen
	4. Design og kreative prosesser
	5. Lean Manufacturing
	6. Lean Prosjektering
	7. VDC
Empirisk del	8. Erfaringer fra Ørnen Hotell
	9. Erfaringer fra City Lade
Avslutning	10. Drøfting og resultater
	11. Konklusjon
	12. Referanser

Tabell 1: Oppgaveinndeling

2 METODEBESKRIVELSE

2.1 BAKGRUNN

Metodekapittelet inkluderes i masteroppgaven for å dokumentere hvordan arbeidet med oppgaven har vært gjennomført. Oppgaven ønsker å besvare en problemstilling og dette kapittelet viser hvilken fremgangsmåte undertegnede har benyttet for å klare dette. Fremgangsmåten styres av hvilke begrensninger oppgaven har. Kapittelet tar også for seg hvilke studiemetoder som er blitt anvendt, og hvilke som begrensningene har utelukket.

Denne oppgaven er gjennomført som teoretisk og empirisk studium. Uten erfaringer fra prosjekteringsprosessen, var det nødvendig med et grundig litteraturstudium som ga et teoretisk bilde av hvordan prosessen er bygd opp og utspiller seg. For å skape mer tyngde i oppgaven, ble også et empirisk studium gjennomført. Det skaper et godt inntrykk av prosessen når en ser hvordan praksisen er for så å sammenligne dette med teori. Allikevel har det vært vanskelig å skaffe seg en detaljert forståelse for prosjektering. Dette er nok noe som kommer gjennom flere års arbeid med prosessen.

2.2 VALG AV METODE

Hvilken metode man velger å bruke til datainnsamling bestemmes av følgende parametere(Sander 2004):

1. Tilnæringsmåte
2. Problemstilling
3. Formål
4. Egne forutsetninger
5. Utvalgsenheterne og deres egenskaper
6. Forskerens forhold til datakildene

Begrensningene for denne oppgaven ligger i lite konkret litteratur, tidsperspektivet, og liten direkte erfaring med prosjektering.

Vi skiller mellom to ulike typer forskningsmetoder, gjengitt i Figur 3 (Aas 2009).

Kvantitativ	Kvalitativ
<ul style="list-style-type: none">• Tallbasert informasjon• Få opplysninger om mange undersøkelsesenheter• Stor grad av etterprøvbarehet• Stor vekt på presisjon• Generalisering og samsvar som mål	<ul style="list-style-type: none">• Tekstlig informasjon• Mange opplysninger om få undersøkelsesenheter• Etterprøvbarehet er ofte problematisk• Stor vekt på relevans• Helhetsforståelse som mål

Figur 3: Forskningsmetoder

For denne oppgaven, der fokuset ligger på medmenneskelige faktorer, er det anvendt en kvalitativ metode. Etter mange år på skolebenken, har et av formålene med oppgaven vært å skaffe seg en forståelse av prosjekteringsprosessen som helhet. Dette er ikke noe som er like lett å gjøre gjennom et teoretisk studium, men etter å ha fulgt prosjekteringsprosessen på nært hold gjennom et case-studie har det vært enklere å forstå hva prosessen innebærer. Erfaringer gjort fra det empiriske studiet har supplert informasjon skaffet gjennom teoretisk studie. Måten data har blitt samlet inn på viser også at oppgaven har benyttet en kvalitativ metode. Data har blitt samlet inn gjennom observasjon og deltagelse, i stedet for beregninger og matematiske analyser.

Masteroppgaven bygger videre på et teoretisk studium gjennomført som en prosjektoppgave i høstsemesteret 2011. Det har vært relevant å se denne teorien i forhold til det empiriske studiet gjennomført i vårsemesteret 2012. Det har også vært naturlig med et ytterligere litteraturstudium. Forskningsformen kan sies å være av både induktiv og deduktiv karakter. Litteraturstudiet ligger til grunn for å forstå de prinsipper som anvendes i praksis – deduktiv. I tillegg er empiristudiet en direkte kilde for å forstå formålet med oppgaven – induktiv. (Sander 2004; Tanggaard)

Ofte skilles det mellom primær- og sekundærdata. Primærdataene er data man selv innhenter, mens sekundærdata baserer seg på eksisterende litteratur. Det empiriske delen av oppgaven kan sies å ha innhentet primærdata, mens teoristudiet innhentet sekundærdata. Arbeidet med oppgaven har i stor grad gått ut på en sammenligning av

primær- og sekundærdata. Mye av kunnskapen og verdien i den kommer fra denne sammenligningen. (Sander 2004)

Det er lite poeng i å innhente data som primærdata, dersom det allerede eksisterer sekundærdata på temaet. Implementering av Lean-filosofi i prosjektering, finnes det et snevert utvalg av. Behovet for innsamling av primærdata er derfor tilstede. Primærdata kan innhentes gjennom intervjuer, eksperimenter eller observasjoner. Punktlisten under viser noen former for generell innhenting av data:

- ✓ Litteraturstudie
- ✓ Direkte observasjon
- ✓ Intervju
- ✓ Gruppeintervju
- ✓ Uformell, formell spørreundersøkelse
- ✓ Case-studie
- ✓ Deltakende, passiv observasjon

2.3 LITTERATURSTUDIUM

Litteraturstudiet har vært sentrert rundt *NTNU Universitetsbibliotek (UB)* sine ressurser, samt *International Group for Lean Construction (IGLC)* sine hjemmesider. I tillegg er det benyttet litteratur fra pensumet til emnet *TBA 4127 – Prosjekteringsledelse*.

For å få tilgang til litteratur som er lisensiert NTNU, har søkemotoren *Google Scholar* vært nyttig. Denne søkemotoren generer treff i form av e-bøker og andre artikler. For å få tilgang til fysiske bøker, har det blitt benyttet en søkemotor på UB sine hjemmesider.

UB har laget en oversikt over databaser med spesifiserte fagartikler fra magasiner, journaler og konferanser for byggfag. Ved at man skiller ut hvilke databaser som omfatter fagfeltet bygg, har UB gjort søkeprosessen enklere. Valg av databaser kommer på bakgrunn av tips fra veiledere, biblioteket og emnets faglærere. Databaser som er benyttet er gjengitt i Tabell 2.

Databaser:	Nettside:
Civil Engineering Database (ASCE)	http://ascelibrary.org/
Compendix (Engineering Village 2)	http://www.engineeringvillage2.org
Electric Journals (EBSCO)	http://ejournals.ebsco.com/
ICONDA (Ovid)	http://ovidsp.uk.ovid.com/
Google Scholar	http://scholar.google.com
IGLC - The International Group for Lean Construction	http://www.iglc.net
NTNU UB	http://www.ntnu.no/ub

Tabell 2: Litteratur

Mange av søkene genererte et stort antall treff. Det var derfor nødvendig med en ytterligere innsnevring av litteraturen. Innenfor fagområdene er det noen forskere og forfattere som har større kredibilitet og anerkjennelse enn andre. Dette har i høy grad blitt tatt hensyn til under utvelgelsen av litteratur.

2.4 KILDEKRITIKK

Kildekritikk i tilknytning til prosjektoppgaven, har blitt gjennomført etter VIKO sine retningslinjer. Ved vurdering av en kilde har følgende kriterier blitt vurdert (Universitetsbiblioteket 2010):

Kriterier:	Beskrivelse:
Troverdighet	Hvem er, og hvilken status har forfatteren? Hva med utgiveren? Troverdighet til kildene handler om man har grunnlag til å stole på kilden.
Objektivitet	Er kilden partisk, eller lite balansert? Finnes det interessekonflikter?
Nøyaktighet	Er det en oppdatert kilde? Er den omfattende og detaljert nok? Finnes det støtte i andre kilder?
Egnethet	Er kilden relevant for informasjonsbehovet? Hvilket emne dekker kilden?

Tabell 3: Kriterier for kildekritikk

Når treffene fra søket er vurdert, har man lagt grunnlaget for hva litteraturstudiet skal inneholde. For å skape seriøsitet rundt sin egen artikkel er det viktig å være kritisk til litteraturen det refereres til. Ved å være kildekritisk får man fram svakheter ved

litteraturen, noen som kan være nødvendig når din egen artikkel baserer seg og tar utgangspunkt i tidligere utgitt materiale. Det er da viktig for troverdigheten at man er klar over hvilke usikkerhetsmomenter som gjelder og hvilke antagelser som er gjort. Det har også vært viktig å finne styrkene ved de respektive kildene. For å kunne rangere kildene har jeg forsøkt å lage et system som har gitt meg god oversikt over helheten til hver enkelt kilde. Hvordan søkerresultatene blir presentert kan ofte virke mer eller mindre tilfeldig, spesielt ved bruke av Google Scholar. Det er derfor viktig å være ekstra kritisk til kildene når en bruker en kommersiell søkemotor som for eksempel Google.

Treffene man får kan rangeres etter antall siteringer. Ved å gjøre dette, lukes useriøse og mindre troverdige artikler ut. Et høyt antall siteringer viser at artikkelen er anerkjent i vitenskaplig sammenheng. Artikler med få eller ingen siteringer har det vært naturlig å være mer kritisk til å bruke.

2.5 EMPIRISK STUDIUM

Undertegnede har hatt muligheten til å delta på prosjekteringsmøter som Veidekke AS har gjennomført under vårsemesteret 2012. Data har blitt samlet inn gjennom direkte observasjon, intervju og case-studie av hvordan møtene har gått for seg. I tillegg har muligheten for deltagelse av interne møter, samt møter mellom byggherre og entreprenør vært tilstede.

I april 2012, deltok undertegnede på skandinavisk VDC-treff for Veidekke i Göteborg. Dette var en fantastisk mulighet til å tilegne seg kunnskap om prosjekteringsleders erfaringer med VDC. For den generelle forståelsen av hva VDC innebærer og omfatter var dette en viktig aktivitet å delta på. For utenom dette treffet baserer denne oppgaven seg også på deltagelse på et ICE-møte i Trondheim. På denne måten fikk undertegnede innsyn i hvordan en ICE-prosess gjennomføres. Et viktig møte som supplerer all teorien rundt bruk av VDC og ICE.

Under deltagelsen av møtene hadde ikke undertegnede noen spesifikk strukturert tilnæringsmåte. Ingen skjemaer eller punktlister ble produsert på forhånd, observasjonene og inntrykken ble kontinuerlig nedskrevet. Tolkningen av disse notatene, og en videre gjennomgang av dem – ble gjort i etterkant. Aktørene som deltok i

møtene, har vært svært behjelpelige med oppklarende svar av muntlige spørsmål og henvendelser. Det har blitt avholdt et intervju med prosjekteringslederne på Ørnen Hotell, noe som opplevdes som nyttig og oppklarende. Intervjuet bar preg av en åpen struktur, hvor noen spørsmål ble formulert underveis mens andre ble tilsendt på forhånd. Noen intervju av andre involverte aktører, har ikke blitt gjennomført. I ettertid ser undertegnede at dette kunne ha gitt verdi til oppgaven. På en annen måte var det vanskelig å stille noen direkte spørsmål tidlig i semesteret, ettersom min kunnskap utviklet seg med tiden og formuleringen av spørsmålene ikke ville ha vært optimale.

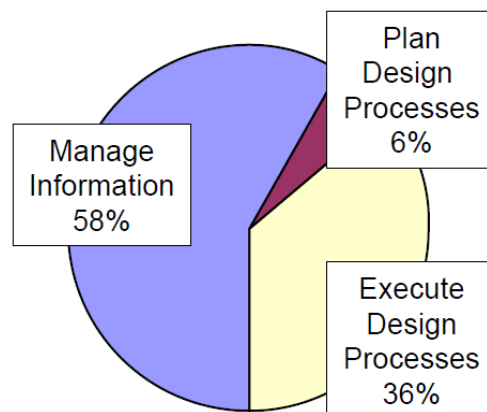
3 PROSJEKTERINGSPROSESSEN

For å kunne forstå hvordan Lean-filosofien kan få rotfeste i prosjekteringsprosessen er det nødvendig å kjenne til hvordan prosessen er bygd opp.

3.1 BAKGRUNN OG KARAKTERISTIKA

Når det gjelder håndtering av prosjekteringsprosessen, har den et rykte på seg av å være svært vanskelig å håndtere. Årsaken til dette er blant annet dens usikkerhet, varighet, avhengigheter og beslutningsmengde (Tzortzopoulos og Formoso 1999). Bidraget som kommer fra prosjekteringsprosessen har stor innflytelse på det avgjørende produktet en kunde har bestilt, det er derfor en trend å bruke mer energi og ressurser i denne prosessen nå enn det var tidligere. Ser man på studiet utført av Formoso et al. (1998) er det en stor prosentandel av byggefeil som kommer direkte fra avgjørelser og bestemmelser i prosjekteringsprosessen.

Figur 4 (Flager, Senescu, og Haymaker 2009) er kjent for de fleste prosjekteringsledere, og illustrer tidsbruken i prosjekteringsprosessen. Stor deler av tiden går med til håndtering av informasjon (58 %), utøvelse av prosessen en mindre del (36 %) og en liten andel ressurser går med til planlegging av selve prosessen (6 %).



Figur 4: Tidsbruk i prosjektering

Håndtering av informasjon er altså en prosess som opptar mye av tid og ressurser, og i følge Kunz og Fischer (2009) oppleves det som irriterende for involverte aktører å måtte vente i lang tid før man får tak i den informasjonen man trenger. Samtidig, i følge samme

artikkel, oppleves prosjekteringsprosessen som papirbasert og uflexibel. Graden av modernitet i prosessen er lav, noe som også bidrar til frustrerende situasjoner.

3.2 UTFORDRINGER

Det er altså et behov om å kunne jobbe mer effektiv, og i større grad tilføre prosjektet kvalitet. Dette kan høres ut som en grei oppgave, men på grunn av prosjekteringsprosessens kompleksitet er dette enklere sagt enn gjort. Implementeringen kan ikke skje direkte, en gjennomtenkt tilpasning må forekomme. Ifølge Sampaio og Neto (2010) krever prosjekteringsprosessen en rekke interaksjoner og forpliktelser mellom relevante aktører. I tillegg nevner de følgende punkter som påvirker prosjekteringsprosessen med økt kompleksitet:

- ✓ Mangelfull deling av beslutninger
- ✓ Sosialpolitiske faktorer som dominerer beslutningstakingen
- ✓ Ineffektive prosessering av informasjon

Kvalitetsproblemer i ferdige produkter stammer i 80 % av tilfellene fra prosjekteringsprosessen, og 70 % av produktkostnaden bestemmes i samme prosess (Hui, Pu, og Xiaomei 2011). Dette viser at arbeidet for å oppnå god kvalitet på det endelige produktet, begynner i prosjekteringsprosessen.

Prosjekteringsprosessen defineres av Tilley (2005) som en mental aktivitet hvor produktene er dokumenterte ideer enten i fysisk eller elektronisk form. Den elektroniske formen står som en kommunikasjonskanal for de involverte aktørene i et prosjekt.

Fra tidligere av har Koskela, Huovila, og Leinonen (2002) pekt på fraværet av systematisk planlegging og ineffektiv ledelse av hva som gir kundene verdi, som problem som må elimineres for å oppnå bedre prosjekteringsprosesser. I tillegg til dette punktet presiser Kestle og London (2002) følgende punkter som utfordringer i prosjekteringsprosessen:

- ✓ Integrasjon av spesialkunnskap
- ✓ Avgjørende *timing* av viktige beslutninger

Prosjekteringsprosessen er i stor grad en sosial setting der effektiv og god kommunikasjon bør være tilstede. Mye av arbeidet som blir lagt ned handler om å gjøre den videre prosessen mer forutsigbar gjennom planlegging og beslutninger. Beslutningen som tas, kommer gjennom kontinuerlige iterative prosesser med forhandlinger og inngåelser av kompromisser (Kestle og London 2002)

I følge Howard, Culley, og Dekoninck (2008) deles prosjekteringsprosessen inn i følgende hovedelementer:

- ✓ Prosjekteringsproblem
- ✓ Prosjekteringsprosess
- ✓ Prosjekteringsprodukt (output)
- ✓ Prosjekteringsaktivitet
- ✓ Prosjekteringsorganisasjon

I følge en rapport fra Norsk Teknologi (Integra 2011) inneholder dagens bygg generelt dårlige tekniske anlegg. Årsaken til dette er at graden av helhetstenkning og integrasjon er liten, og relevante aktører kommer inn for sent i prosjekteringsprosessen. Et godt samspill mellom tekniske systemer kommer fra et godt samspill mellom aktører. Selv om rapporten omfatter tekniske system, vil resultatene også omfatte de mer generelle trekkene ved et kvalitetssikkert produkt. Fasiten, i følge Norsk Teknologi, er å ansette en egen *Integrert Tekniske Bygginstallasjoner*-ansvarlig som kan bidra til en helhetlig koordinering mellom aktørene.

3.3 AKTØRER

Denne oppgaven tar utgangspunkt i prosjekteringsprosesser som foregår som en totalentreprise. Totalentreprenøren har ansvaret for både prosjektering og produksjon – en detalj som medfører økt kontinuitet og kontroll. Kontrakten tar utgangspunkt i et kunde-leverandør-forhold hvor byggherren er kunde for totalentreprenøren, som leverer kundens ønske. Få, om noen, totalentreprenører har fagarbeidere og konsulenter fra samtlige involverte fagdisipliner. Dette medfører at totalentreprenøren må leie inn hjelp for å kunne håndtere utfordringer innenfor unike områder. Representantene for

disse fagfeltene er underleverandører, eller underentreprenører og er i denne oppgaven omtalt som aktører.

Aktørenes deltakelse avhenger av hvilken grad faget er representert i det aktuelle prosjektet, og bestemmes også av hvilket grensesnitt de må arbeide i. Arkitekter arbeider stort sett i alle faglige grensesnitt, mens for eksempel interiørarkitekt ankommer sent i prosessen og koordinerer sitt arbeid opp mot færre aktører. Kvaliteten av det endelige produktet kommer ofte fra interaksjoner mellom ulike aktører - det er her mye av verdien blir skapt.

Dagens situasjon er slik at bygg- og anleggsbransjen er preget av mistillitsforhold og mindre vennskaplig relasjoner mellom prosjekters aktører. Dette er en trend som påvirker prosessen i negativ grad.(Seehusen 2011)

3.4 FASER

Hvordan man deler inn prosjekteringsprosessen, og hva man kaller de ulike delene avhenger av hvilken litteratur som legges til grunn. Denne oppgaven benytter Kamara og Anumba (2007) sin definisjon av prosjekterings fem hovedfaser:

- ✓ Konseptuell prosjektering
- ✓ Skjematisk prosjektering
- ✓ Detaljert prosjektering
- ✓ Prosjekteringsdokumentasjon
- ✓ Planlegging for konstruksjon

I tillegg kommer det en analyse av oppgavene før disse fasene.

Forståelsen av denne femdelingen er essensiell for utformingen av plansystem og beslutningsprosessen som legges til grunn. Det vil også være nyttig med en grovere inndeling for å forstå prosjektering på et mer prinsipielt grunnlag, og hvilken strategi og taktikk man bør benytte seg av. Fra Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth (2010) finner vi en tredeling av prosjekteringsprosessen som kan knyttes opp mot avhengighetene i et prosjekt. Artikkelen skiller mellom disse underprosessene, og deres hovedstrategi:

Underprosess	Hovedstrategi	Beskrivelse
(1) Prosjekteringsprogram	Dialog og felles tilpasning, suppleres med samhandlende planleggingselementer	<p>Dette er hvor prosjekteringsproduktet oppfinnes, og hvor utviklingen av produktet startet. Denne prosessen karakteriseres av gjensidig avhengighet. Ledelsesstrategien burde derfor åpen dialog og gjensidig tilpasning. På grunn av etterfølgende aktiviteter, burde også strategien inneholde planlegging gjennom samspill.</p>
(2) Produksjon av prosjekteringsmateriale	Samhandlende planlegging, suppleres med elementer av dialog og felles tilpasning	<p>Denne prosessen dokumenterer prosjekteringsmaterialet gjennom tegninger, modeller og detaljer. Materialet blir også kommunisert til hele produksjonsorganisasjonen. Karakteriseres gjennom etterfølgende avhengighet. Planlegging gjennom samspill bør være en hovedfaktor av ledelsesstrategien. Bør også inneholde elementer av dialog og gjensidig tilpasning.</p>
(3) Beslutningsprosess	Både samhandlende planlegging, dialog og felles tilpasning	<p>Bestemmelser for hva som senere skal konstrueres. Disse bestemmelsene bør komme av planlegging gjennom samspill, samt dialog og gjensidige tilpasning.</p>

Tabell 4: Inndeling av prosjekteringsprosessen

På bakgrunn av dette, mener Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth (2010) at kun fase 2 kan implementere strategier direkte fra Lean-strategier og The Last Planner System™ (LPS). Fase 1 og 3 bør inneholde en noe annerledes hovedstrategi når det kommer til ledelse. Artikkelen foreslår derfor en ledelsesstrategi, *Collaborative Design Management*, som anvender en tilpasning av LPS og Lean construction til prosjekteringsprosessen. Denne strategien fokuserer primært på fase 1 og 3.

3.5 AKTIVITETER

Et byggeprosjekt starter ofte med et ønske fra en byggherre hvor funksjonene til en bygningsmasse er representert. Det prosjektledere og prosjekteringsledere da må gjøre, er å omforme disse funksjonskravene til et produkt. Prosessen for å bygge bygget, og dermed oppnå funksjonskravene blir fordelt over en gitt tidsperiode. Arbeidet som fører til ferdig produkt blir fragmentert og inndelt i milepæler og aktiviteter. Jo finere inndeling av aktivitetene, jo bedre kontroll har man over dem, men altfor nøye planlegging vil ikke alltid være gunstig i forhold til økonomi eller tidsbruk. Det er nødvendig å finne en balanse. Man kan si at forutsigbarheten øker med detaljgraden av aktivitetene. (Ballard 2000)

Prosjekteringsprosessen har som resten av byggeprosessen også hatt en prinsipiell og nyansert utvikling gjennom tiden. Ulike krav og forventninger har kommet med årene, noe som har ført til en nødvendighet om å tilpasse og forbedre seg. I hovedsak skiller man i praksis mellom tre tidsperioder i prosjekteringsledeshistorie(Koskela 2007).

✓ ***Prosjektering som håndverk***

Denne perioden varer frem til andre verdenskrig, og kjennetegnes ved at prosessen var enkel og ukomplisert. Mengden fag representert var et minimum i forhold til i dag, noe som medførte mindre koordinering og samarbeid.

✓ ***Sekvensiell prosjektering***

Denne perioden begynte etter andre verdenskrig da det forelå et stort behov for oppbygging av infrastruktur. Baserte seg på utviklingen av metoder fra våpenindustrien under krigen. Prosjekteringsprosessen ble organisert på lik linje med produksjon, og aktivitetene organisert sekvensielt.

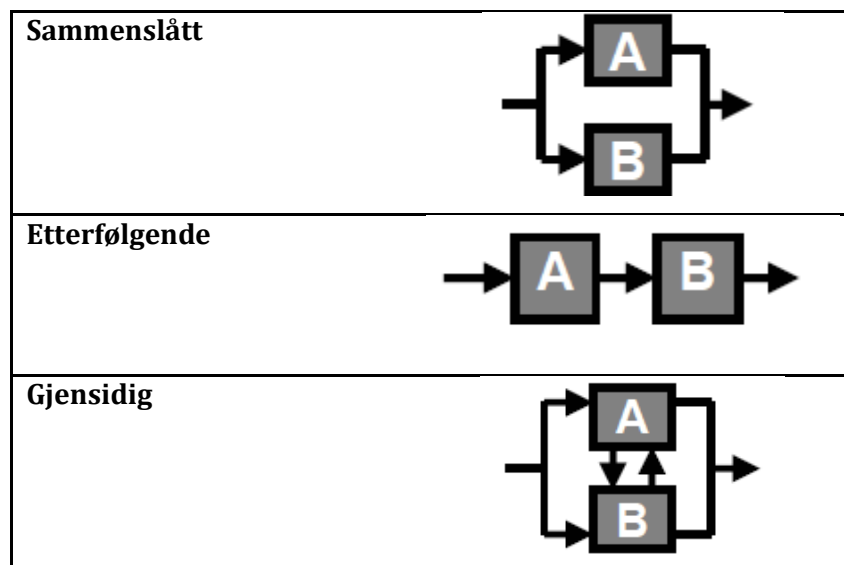
✓ **Samtidig prosjektering**

På 1980-tallet utviklet den moderne prosjekteringstilnærmeringen seg. Definisjonene sitter løst og det er ingen rådende og felles definisjon på begrepet. Men i hovedsak innebærer det en samtidig prosjektering av delene, med fokus på avhengigheter delene i mellom.

3.6 AVHENGIGHETER

I øyeblikket foregår det en overgang mellom sekvensiell og samtidig prosjektering. Med en mer grunnleggende forståelse av hva en aktivitet innebærer, hva den gir og hva den trenger har man erfart at en del av aktivitetene ikke kan organiseres sekvensielt. Det oppstår ulike avhengigheter mellom aktivitetene, en faktor som endrer måten aktivitetene arrangeres og behandles på. Fra Thompson (1967) sitert i Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth (2010) erfares det at man på et generelt grunnlag kan dele inn en organisasjon og dens aktiviteter i tre ulike avhengighetstyper. Disse presenteres under:

- ✓ **Sammenslått avhengighet** - Når hver aktivitet utgjør et bidrag til helheten, og hver aktivitet er støttet av helheten.
- ✓ **Etterfølgende avhengighet** - Den ene avhengigheten må fungere før den andre kan fungere. Denne avhengigheten er også sammenslått.
- ✓ **Gjensidig avhengighet** - Produktet av en bestemt aktivitet blir input for andre aktiviteter.



Tabell 5: Avhengigheter mellom to aktiviteter (A og B)

3.7 KOORDINERING

Det økende kravet om større innslag av samtidig prosjektering er en viktig faktor som påvirker kompleksiteten av et prosjekt. Det medfører et naturlig behov for tettere koordinering av aktiviteter og aktører. På denne måten sikrer man seg kontroll over prosjektet. Thompson (1967), sitert i Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth (2010), presenterer tre ulike typer koordinasjon, som også viser seg å ha sammenheng med de enkelte avhengighetene som nevnt i kapittel 3.4.

- ✓ **Standardisering** – Etablering av rutiner og regler. Denne typen koordinasjon kan vi finne der det eksisterer aktiviteter med sammenslåtte avhengigheter.
- ✓ **Planlegging** – Etablering av tidsplaner. Finnes der det eksisterer etterfølgende avhengigheter.
- ✓ **Gjensidig tilpasning** – Innebærer utveksling av ny informasjon underveis i prosessen. Denne typen finnes der vi har gjensidig avhengighet.

3.8 TRADISJONELL ORGANISERING

Tradisjonelt sett har prosjekteringsprosessen blitt behandlet og organisert på lik linje som produksjonsprosessen. Dette medfører et fokus på kostnad, ytelse, kvalitetsmål, samt bærekraftig prosjektering og produksjon. Prosjektering har vært en omforming av krav til endelig produkt. (Kestle og London 2002)

Ser man på resultatene av Lee, Tommelein, og Ballard (2010) sin artikkel peker disse på flere punkter hvor den tradisjonelle gjennomføringen av prosjekteringsprosessen kommer for kort.

- ✓ Negative (ikke verditilførende) iterasjoner
- ✓ Endringer i *siste minutt*
- ✓ Mangel på en systematisk tilnærming for å fremme innovativ tenkning
- ✓ Dårlig kommunikasjon
- ✓ Dårlig integrering av prosjekteringskonsepter

Prosjektering er en interaktiv prosess hvor en rekke aktører skal kommunisere, diskutere og dele informasjon. Tradisjonelt sett har kommunikasjonsprosessen fulgt modellen illustrert i Figur 5, med en høy representasjon av kommunikasjonsveier.



Figur 5: Tradisjonell kommunikasjon

Ønske om forandring av den tradisjonelle prosjekteringsprosessen vitner om et forbedringspotensial. Rutinene, prinsippene og prosjekteringsledelsen man tidligere har hatt har ikke nødvendigvis vært tilstrekkelig gode nok, og dette kan føre med seg en uønsket effekt. Forutsigbarhet og kvalitativ forhåndsgodkjenning av aktiviteter er elementer som tradisjonelt sett har vært mer eller mindre fraværende i byggebransjen. Detaljer som ser ut til å fungere i en 2D-modell men ikke lar seg gjennomføre ute på byggeplass, har sammen med uoversiktlig planer og tegninger bidratt til såkalte *ad-hoc-løsninger* hvor problemene har blitt håndtert ute på byggeplass samtidig med utførelse. Dette er noe som er en stor kilde for byggefeil. (Jensen, Hamon, og Olofsson 2009).

4 DESIGN OG KREATIVE PROSESSER

For å kunne legge til rette for godt samarbeid innad i en gruppe, er det nødvendig med en grunnleggende forståelse av hva kreativitet er og hva man må gjøre for å optimalisere samarbeidet mellom ulike aktører.

4.1 BAKGRUNN

Prosjekteringsløsninger produseres gjennom kreativitet. Det er derfor ønskelig med prosesser med tverrfaglig tilstedeværelse som innehar en kreativ natur, slik at best mulig produkt oppstår. Disse kreative prosessene må det altså legges til rette for. Som utgangspunkt for tilrettelegging kreves en generell forståelse for hvordan man skaper et kreativt miljø, hva det innebærer og hvordan man oppnår best mulig samarbeid mellom aktører.

Mye av litteraturen som omhandler prosjekteringsprosessen er direkte hentet fra bygningsbransjen, men i denne oppgaven er det interessant å nevne noe om design i lys av litteratur som omhandler generell kreativitet og kognitiv litteratur. I psykologiens verden er det vanlig å dele kreativitet inn i følgende hovedområder (Howard, Culley, og Dekoninck 2008):

- ✓ Kreative prosesser
- ✓ Kreative produkter (output)
- ✓ Kreative personer
- ✓ Kreative miljøer

Fokus på inkludering av de fire overnevnte punktene, vil bidra til å skape en innovativ prosjektering der kunde verdi er et mål man ønsker å oppnå.

4.2 FORSTÅELSE AV ORDET *COLLABORATION*

Den studerte litteraturen har i hovedsak vært på engelsk, dette medfører noen utfordringer og feilkilder i forhold til oversettelse. Et ord og begrep som er mye brukt er *collaborative*, et begrep som også er inkludert i en sentral kilde skrevet av Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth (2010). I prosjekteringsprosessen er begrepet derfor veldig

relevant, og en forståelse av ordet er hensiktsmessig. En vanlig oversettelse av ordet er samarbeidende – men det ligger mye mer i ordet enn kun dette. Også på engelsk har man vanskelighet for å tyde ordet i sin rette forstand. *Collaborative* blir ofte brukt på lik linje som *co-operation* (samarbeid) og *coordination* (koordinering).

Collaborative Success er noe som forekommer når noe man ikke kan oppnå alene, oppnås i fellesskap. *Collaboration* er altså noe som forekommer på tvers av medlemmer i en gruppe. Felles problemløsning er også en måte å oversette ordet på, og gir et bilde av at man jobber sammen med noe samtidig som man oppnår et resultat som er tilfredsstillende for de involverte parter. Dette innebærer altså at *samarbeid* er et mye enklere begrep enn hva *collaboration* er. I følge Kvan (2000) er den viktigste forskjellen mellom *collaboration* og *cooperation* det kreative aspektet som forekommer mellom aktørene. I prosjektering krever *collaboration* en høyere forstand av det å jobbe sammen for å oppnå et helhetlig kreativt produkt, noe som igjen medfører høy grad av tillitt mellom de involverte. I denne oppgaven vil ordet *collaboration* oversettes med det norske ordet **samspill**. Denne oversettelsen vil gi en bedre forståelse av det engelske ordet.

4.3 KARAKTERISTIKA

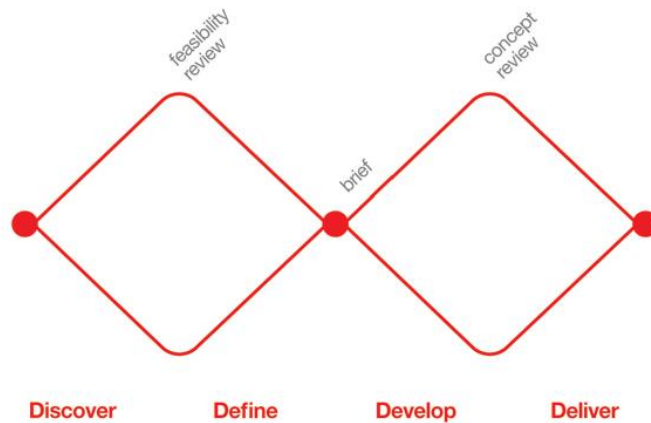
Som et resultat av lite litteratur hva angår prosjektering, har det vært nødvendig å ta tak i generell designlitteratur. Dette kan være nyttig for å komme til kjernen av problemet, men også for å forstå prosjekteringsprosessen i forhold til de kreative prosesser, slik at man kan ha innsikt i hvordan ressurser skal fordeles for å oppnå en forhøynet kreativ ytelse (Howard, Culley, og Dekoninck 2008).

Design i seg selv, ligger som et grunnlag for endring i dagens samfunn. En sentral del i design er de kreative prosessene. Det er kreative ideer som implementeres i innovative tiltak, og omformes til kommersiell verdi (Howard, Culley, og Dekoninck 2008). Design er en målorientert prosess som omformer krav og behov, gjennom kreativitet, til et endelig produkt som er en løsning på et problem. Et annet viktig aspekt ved design, er at den medfører en læringsprosess som tas med videre til andre prosjekt. (Gero 2000)

Gero (2000) kommer med en engelsk definisjon av hva design er:

"En målrettet, begrenset, besluttende, utforskende og lærende aktivitet som opererer innenfor en situasjon som avhenger av designerens oppfatning av situasjonen og som resulterer i beskrivelsen av et fremtidig system"

Design forstås å følge en divergerende-konvergerende modell(Howard, Culley, og Dekoninck 2008). Denne modellen visualiseres godt i Figur 6:



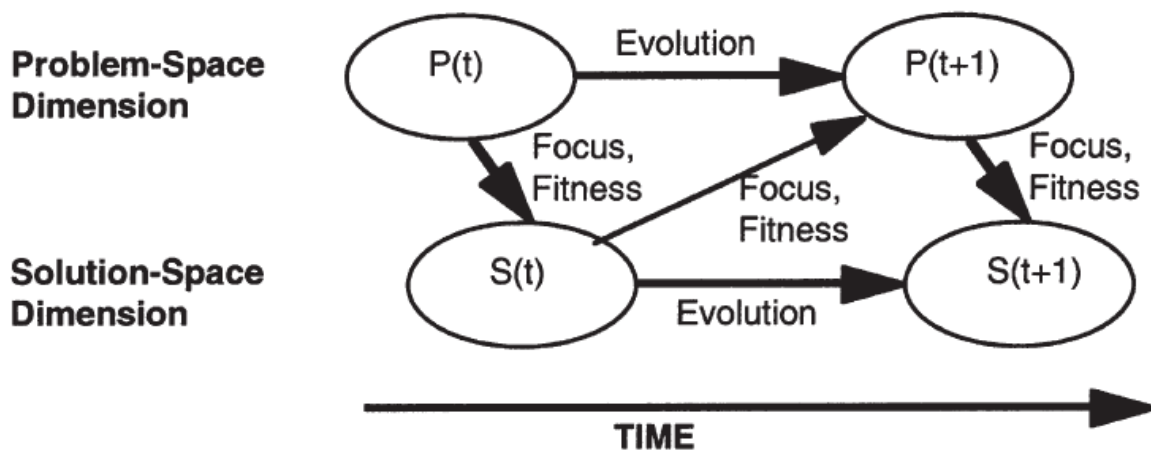
Figur 6: Double Diamond

Modellen, som er utarbeidet av DesignCouncil (2006), viser hvordan prosessen konvergerer mot en mulighetsstudie før den divergerer mot hva på engelsk er definert som *brief*. Begrepet innebærer en dokumentasjon av kravene og detaljene mulighetsstudiet medfører. Prosessen konvergerer så mot utarbeidelse av et konsept før prosessen divergerer mot levering. Underveis har man gjennomgått ulike tankesett, disse er(DesignCouncil 2006):

Tankegang	Beskrivelse
Utforskning (Discover)	Begynnelsen av et prosjekt. Her blir kundekrav satt, og fasen kan sies å være preget av inspirasjon og ideer.
Definere (Define)	Her blir løsninger og tolkninger definert.
Utvikle (Develop)	Her utvikles løsningene opp mot et konsept.
Levere (Deliver)	Sluttfasen av konseptet.

Tabell 6: Double Diamond

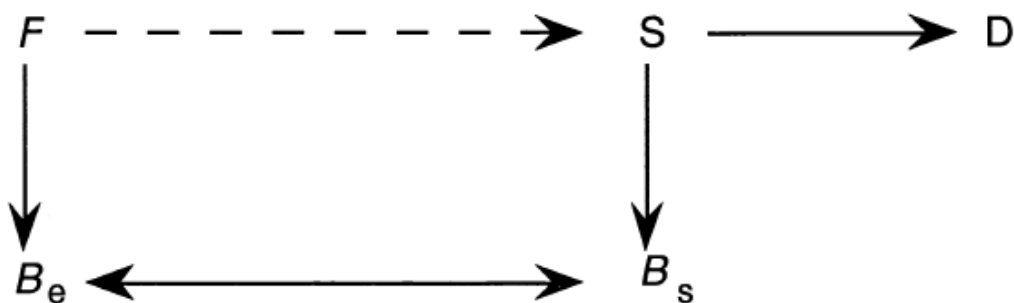
Dorst og Cross (2001) deler inn design i et problemområde og et løsningsområde, noe som bidrar til en enklere forståelse av prosessene. Over tid foregår det en kontinuerlig iterasjon gjennom analyse, syntese og evaluering av prosessene mellom de to områdene. Det å separere generering og evalueringsperioder er kjent for å være viktig i forhold til kreativitet (Howard, Culley, og Dekoninck 2008). Områdene utvikler seg i takt med hverandre gjennom informasjonsflyt mellom områdene. Dette er illustrert i Figur 7:



Figur 7: Illustrasjon av de to design-områdene

Figur 7 viser hvordan problem, gjennom kreative prosesser, fører til løsning (output) som igjen ligger som grunnlag (input) for løsningen av et nytt problem. I hovedtrekk er dette hva design går ut på.

En annen modell som også bidrar til å kunne forstå design i forhold til kreativitet, produktivitet og effektivitet er et FBS-rammeverk (Gero 2000).

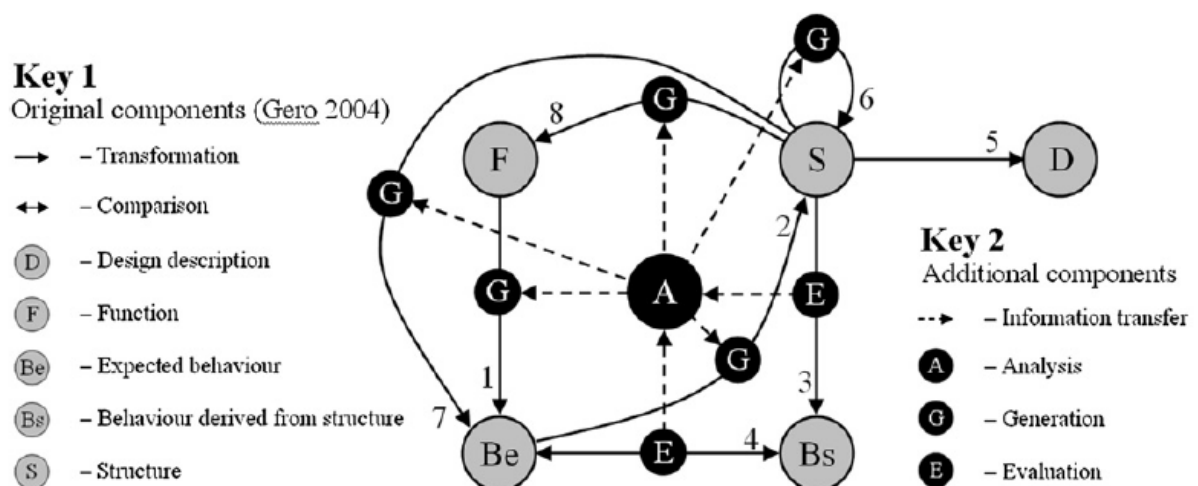


Figur 8: FBS-rammeverk

Figur 8 sier noe om hvordan man omgjør prosjekteringsproblemet, **F (=function)**, til beskrivelse, **D (=design description)**. *Function* er definert som forholdet mellom målsettingen til aktørene og systemets oppførsel. **S (=structure)** sier noe om strukturen og oppbygningen til produktet. Med **B (=behavior)** menes hvordan den antatte oppførsel blir betraktet, enten om det er oppførsel til strukturen(B_s) eller prosjekteringsproblemet(B_e). Setter man disse bokstavene i system, oppstår det avhengigheter mellom dem, noe som er visualisert i Figur 8 og forklart under.(Gero 2000)

- $S \rightarrow D$: Beskrivelsen (D) representerer produktets elementer og forhold (S).
- $F \rightarrow S$: En indirekte overføring av problemet til strukturen.
- $S \rightarrow B_s$: Oppførselen til strukturen utledes fra selve strukturen. Analyserende.
- $F \rightarrow B_e$: Den forventete oppførselen til problemet. Formulering av spesifikasjonene i designproblemet.
- $B_e \leftrightarrow B_s$: Er syntesen i stand til å produsere funksjonskravene som er satt?
 Evaluerende.

En mer komplisert modell av FBS-rammeverket er visualisert i Figur 9 og omfatter konkrete komponenter som analyse, generering og evaluering. Modellen viser også informasjonsflyt, og kalles en integrert kreativ design modell.



Figur 9: Integrert kreativ design modell

I samsvar med Figur 9, viser Tabell 7 de ulike nummererte operasjonene i modellen, og hva de innebærer (Howard, Culley, og Dekoninck 2008):

Designoperasjoner	Forklaring	Aktivitetens natur
Formulering (1)	Omformer kriterier, uttrykt i F, til B_e som viser hvordan man muliggjør F.	Generering
Syntese (2)	Omformer B_e til en løsningsstruktur, S.	Generering
Analyse (3)	Utleder den faktiske oppførselen, B_s , fra den syntetiserte strukturen, S.	Analysering
Evaluering (4)	Sammenligner B_s med B_e	Evaluering
Dokumentasjon (5)	Produserer D for konstruksjon	[Ikke tilgjengelig]
Reformulering type 1 (6)	Omhandler endringer i form av struktur hvis den faktiske oppførselen er utilfredsstillende.	Generering
Reformulering type 2 (7)	Omhandler endringer i form av struktur hvis den faktiske oppførselen er utilfredsstillende.	Generering
Reformulering type 3 (8)	Omhandler endringer i form av struktur hvis den faktiske oppførselen er utilfredsstillende.	Generering

Tabell 7: Integrert kreativ design modell

Kunz og Fischer (2009) definerer *structure* som *form*, og tilpasser den overnevnte teorien i prosjekteringsammenheng:

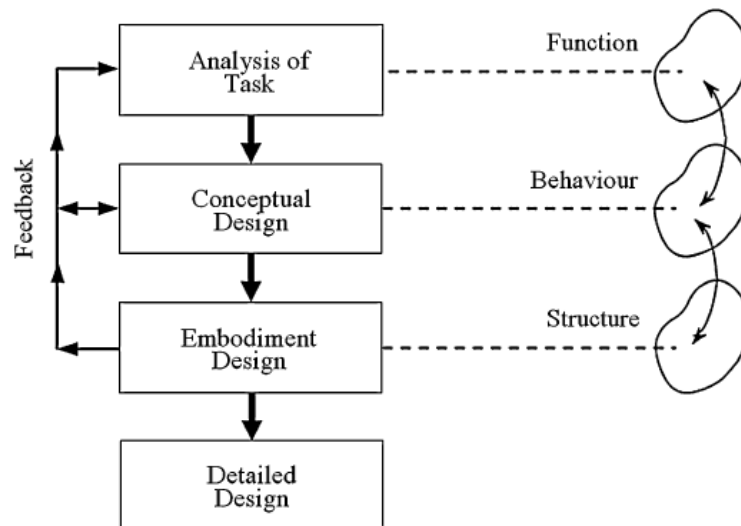
Function - Formålet med prosjektering i forhold til de krav som er satt av kunden.

Form – Prosjekteringsmuligheter. Representerer avgjørelsen til de prosjekterende i forhold til kravene.

Behavior – Egenskapene ved den bestemte løsningen. Antatt oppførsel.

4.4 KREATIVITET I DESIGN

Tar man utgangspunkt i inndeling av prosjekteringsprosessen som i kapittel 3.4, og ser disse i sammenheng med rammeverket fra forrige delkapittel ser man at funksjonsbeskrivelsen hører til analyse av oppgaven, oppførselen til designet blir formet i konseptfasen og strukturen kommer fra den skjematiske utredningen. Det kommer også tydelig fram av alle modellene som er gjennomgått at prosjekteringen har iterasjon som en grunnleggende egenskap, noe som bidrar til verdiskapning. For å tydeliggjøre sammenkoblingen mellom prosjekteringsfasene og forståelsen av dem, viser Figur 10 (selv med en litt annen faseinndeling) hvordan de henger sammen.



Figur 10: Forhold mellom FBS og prosjektering

5 LEAN MANUFACTURING

For en suksessfull implementering av de grunnleggende prinsippene i Lean i prosjekteringsprosessen, er det nyttig med et historisk perspektiv der man ser Lean-filosofien sin utvikling gjennom det forrige århundre.

5.1 BAKGRUNN

En bok som historisk sett har vært med på å definere Lean Manufacturing er *The Machine That Changed the World* av J. Womack og D. Jones. Denne ble skrevet i 1996 og tar for seg et studie av fremtiden til bilindustrien. Det er i denne boken Lean, som begrep, virkelig fikk globalt rotfeste. I boken defineres de fem Lean-prinsippene (Forbes og Ahmed 2011):

<i>Prinsipp:</i>	<i>Definisjon:</i>
1. Definer verdi	Viktig å identifisere verdi for kunden, og levere nøyaktig dette.
2. Definer verdistrøm	Kartlegging av verdistrømmene for hvert produkt og prosess. Fjerne waste.
3. Tillatt flyt av verdi	Nødvendig med verdi som skaper flyt. Hindringer på veien skal fjernes.
4. Pull verdi	Benytte pull for å sikre en optimal leveranse til kunden.
5. Jag perfektjon	Søke etter perfektjon. Utvikling av prosedyrer å etablering av kvalitetskontroll.

Tabell 8: Lean-prinsipper

Effektivitet er et naturlig og nødvendig begrep når vi omtaler Lean. Effektivitet forteller oss noe om hvor lang tid et produkt tilbringer i produksjonssystemet. Tiden *objektet* (varen, informasjonen, tjenesten, etc.) er i produksjonssystemet vil påvirke faktorer som kostnad, brukerens opplevelse og forekomsten av problemer.

Ser man på hvordan man bruker tiden i et produksjonssystem, kan denne deles inn i fire kategorier. Disse er representert i tabellen under (Forbes og Ahmed 2011):

<i>Systemkomponenter:</i>	
Forflytningstid	Tid det tar å flytte et produkt/tjeneste mellom arbeidsstasjoner. Denne kan minimeres ved å optimalisere produksjonsfasilitetene.
Venting	Tiden det tar for et produkt/tjeneste å bli omgjort. Påvirkes av <i>nedetid</i> av utstyr og

	manglende material/informasjon.
Oppsett/konfigurering	Tilpasning og justering av utstyr, materialer, prosedyrer.
Prosesstid	Tiden hvor produktet/tjenesten faktisk blir benyttet og omgjort.

Tabell 9: Systemkomponenter; Tidsbruk

Tabellen over forteller oss at prosesstiden er den eneste av komponentene som tilfører prosjektet verdi. Alle de andre tilfører ikke noe verdi til prosjektet, men legger til rette for prosesstiden. For å oppnå en optimal prosess, vil det være gunstig å minimere tiden som ikke går med til produksjon.

5.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

Konseptet som ble presentert er blitt kjent som *The Toyota Way/Toyota Production System*. Disse er noe modifisert med årene og inneholder følgende hovedelementer: Just-In-Time(JiT), selvstyring, fleksibilitet på arbeidsplass og kreativ tenking. JiT som konsept, ble stående som et alternativ til den klassiske masseproduksjon som var innført av Henry Ford. Med en kombinasjon av konsekvente og målrettede metoder skulle man oppnå en bærekraftig vekst. Målene som man etterstrebet var følgende (Forbes og Ahmed 2011):

- ✓ Kostnadsreduksjon
- ✓ Kvalitetssikring
- ✓ Respekt for mennesker

Som nevnt identifiserte Toyoda og Ohno en rekke typer *waste* som påvirket produksjonen negativt. I deres eget konsept ble disse kategorisert slik at man kunne etterstrebe minimalisering av disse. *Waste* er uønskelige aktiviteter som ikke er verdiskapende i en prosess. I den store sammenhengen vil disse omsider føre til finansielle tap. Tabellen under viser de syv ulike typer *waste* som ble identifisert. (Forbes og Ahmed 2011)

<i>Waste:</i>	<i>Ettervirkninger:</i>
1. Overproduksjon	Produksjon av kvanta større enn hva markedet trenger.
2. Venting	Tapt arbeidskraft.
3. Unødvendig transport	Tid brukt på transport over lengre distanser.

4. Unødvendige prosesser	Ueffektive metoder. Tilførsel av mer input enn nødvendig.
5. Inventar	Store varelager, fører til oppbevaringskostnader.
6. Unødvendig bevegelse	Uproduktiv tidsbruk.
7. Produktfeil	Krever endring, gjenarbeid.

Tabell 10: Toyotas syv typer waste

JiT fungerer som et *pull-system* der grunnlaget er sentrert rundt kundenes behov og ønsker. Man satte kunden i fokus, og i motsetningen til et mer tradisjonelt push-system skulle kunden være drivkraften for produksjon. Involvering av kunden så vel som alle aktørene ble sett på som en vesentlighet. Det ble essensielt å innføre denne nye filosofien til alle involverte i prosjektet, og det var nettopp innarbeidingen av rutiner, metoder og ikke minst tankegangen som skulle føre til resultater.

Den positive effekten av kulturen og tradisjonene, som Toyota har opparbeidet, kan eksemplifiseres med profitten Toyota oppnådde i 2003. Denne var større enn profitten til General Motors, Chrysler og Ford – de største bilfabrikantene i USA – til sammen (Baines et al. 2006)

5.3 LEAN CONSTRUCTION

5.3.1 GENERELT

Etter å ha sett den positive effekten som oppstår når Lean-prinsipper blir tatt i bruk i produksjonssammenheng, ble det naturlig å implementere konseptet inn i konstruksjonsprosessen. Sett i forhold til produksjon var konstruksjonsbransjen sterkt preget av mistillit blant aktørene, noe som igjen kunne utvikle seg til fiendtlige forhold (Forbes og Ahmed 2011). Denne oppførselen førte til motproduktive og kostbare prosesser som ga ettervirkninger i prosjektkostnadene. Det var store rom for forbedringer, som ikke nødvendigvis var enkle å gjennomføre. Med innføring av Lean-konseptet skaper man muligheter for forbedringer, som igjen øker konkurransedyktigheten. (Baines et al. 2006).

For å innføre prinsippene inn i en organisasjon med hell, krever Lean en fundamental forandring blant medlemmene. Lean er ikke en metode eller et verktøy, men en holdning som er kulturelt forankret i bedriften som bruker ulike metoder og verktøy som

hjelpemidler. En slik endring kan heller ikke være av påtvunget art, ettersom den implementeres optimalt gjennom engasjement og involvering fra aktørene. (Forbes og Ahmed 2011)

5.3.2 ELEMENTÆRT

Med utgangspunkt i de fem prinsippene om Lean Manufacturing, har det vært ønskelig å definere noen fundamentale karakteristika også for Lean Construction. Selv om konstruksjon er en type produksjon, finnes det forskjeller som gjør at en har behov for en egen definisjon av Lean Construction. *The Construction Industry Institute* (CII) identifiserer følgende fem prinsipper (Forbes og Ahmed 2011):

- Kundefokus
- Kultur og mennesker
- Organisering og standardisering av arbeidsplassen
- Eliminering av waste
- Kontinuerlig forbedring og innebygd kvalitet

En tidligere undersøkelse fra det samme instituttet (CII), oppdaget at følgende faktorer må være tilstede for å oppnå suksess i et Lean-prosjekt (Forbes og Ahmed 2011):

- En kunnskapsrik, troverdig og avgjørende leder/utvikler.
- En gruppe med relevant erfaring og internt god kjemi som er satt sammen så tidlig som mulig, men seinest før 25 % av prosjekteringen er fullstendig.
- En kontrakt som oppfordrer og belønner organisasjoner som opptrer som et lag/gruppe.

Lean Project Consulting er en gruppe satt sammen av ledende forskere innenfor området. Disse har utviklet et konsept de kaller *Five Big Ideas™* som tilpasser arbeidet som skal utføres, organisasjonen og kontraktene med Lean. Disse fem ideene er listet opp under, sammen med en visualisering av modellen. Figuren under (Lichtig 2005) viser også hvordan verdi skapes i grensesnittene mellom de fem store ideene.



Figur 11: The Five Big Ideas

<i>The Five Big Ideas™:</i>	<i>Forklaring:</i>
Samarbeidende, virkelig samarbeidende	De ulike fasene krever deltagelse fra en rekke ulike aktører for å få frem de beste løsningene.
Øke relasjonen mellom aktørene	God relasjoner fører til tillit, åpenhet og gode læringsprosesser. Skaper også en vilje til å være innovativ.
Prosjekt er et nettverk av forpliktelser	Forpliktelser binder gruppe-medlemmer sammen og eierskap til et prosjekt skapes.
Optimalisering av prosjektet, ikke enkeltdeler	Se helheten, og unngå <i>lokal</i> maksimering av ytelsen. Et produkt er ikke bedre enn de svakeste leddet.
Kobling mellom handling og læring	Læring fører til at feil kan unngås i neste omgang.

Tabell 11: The Five Big Ideas (Forbes og Ahmed 2011) & (Lichtig 2005)

I Kestle og London (2002) kommer det frem at det sent på 1990-tallet ble forstått at Lean construction ikke bare må implementeres på det operasjonelle nivået, men også inn på det organisasjonelle nivået. En mental og strukturell endring behøves. Filosofien må altså treffe organisasjonen eller bedriften i sin helhet for å skape en kultur som underbygger og støtter Lean-prinsipper. På denne måten vil man skaffe bedre prosesser som igjen skaper bedre produkt.

5.4 THE LAST PLANNER™ SYSTEM

I 2000 utviklet Glenn Ballard og Greg Howell *The Last Planner™ System* (LPS). Hovedessensen av den er at det er et involverende ledelsessystem som skal bidra til en forbedring i planleggingsprosessen i prosjektbasert produksjon. Dette gjøres i hovedsak ved å fokusere på at det ikke er verdt å planlegge i detalj over lengre periode, og at de som burde planlegge er de som skal utføre arbeidet (derav Last Planner). Konseptet er å

gjøre produksjonssystemet mer pålitelig ved å redusere variabiliteten og usikkerheten gjennom kontroll og planlegging. (Mossman, Ballard, og Pasquire 2010)

LPS er en involverende strategi og en prosess som er basert på de styrende prosjektverdiene, som i prosjektering er kriterier og krav satt av kunden. Prosjektering er altså basert på detaljerte estimater. LPS ettersteber en felles forståelse for forretningskonseptet, rammene for tid og kostnader, og om prosjektet er gjennomførbart innenfor de gitte rammene. En forståelse for hensikten av hele prosessen og prosjektet, er nødvendig for alle aktørene. På denne måten kan man se for seg fordelene og resultatene ved det endelige produktet. (Mossman, Ballard, og Pasquire 2010). Ser man på de konkrete effektene når man benytter seg av LPS, viser Howell (2003) sine studier at forbedringspotensiale ligger i følgende faktorer: Kostnad, tidsbruk, kvalitet og HMS. Gjennom blant annet fokusering på reduisering av usikkerhet og flyt, kan dette potensialet oppnås.

Man søker altså etter å redusere planvariabilitet, og dermed øke produktiviteten og minimere waste. Dette gjøres for å kunne maksimere kundeverdien. Fra Cho og Ballard (2011) sine studier finner man en signifikant korrelasjon mellom LPS og prosjektytelse. Denne observasjonen bygger på tidligere antagelser og studier. Hamzeh, Ballard, og Tommelein (2009) fant ut at LPS øker påliteligheten i planlegging, noe som igjen forbedrer ytelsen og skaper en mer forutsigbar arbeidsflyt.

I samme rapport, Hamzeh, Ballard, og Tommelein (2009), presenteres følgende punkter som unike karakteristika ved LPS:

- Planlegging i større detalj jo nærmere aktiviteten kommer.
- Utvikling av arbeidsplaner med de som skal utføre arbeidet.
- Lagvis identifisering og fjerning av hindringer på forhånd som for å legge til rette for arbeidspakkene og for å øke påliteligheten til arbeidspakkene.
- Lage troverdige løfter og gjennomfør arbeidspakker basert på koordinasjon og aktiv forhandling med aktørene.
- Lær av planleggingsfeil ved å finne rotårsaker og gjør prevantive tiltak. (Hamzeh, Ballard, og Tommelein 2009)

For en optimal ytelse med LPS må man skreddersy systemet, og ta høyde for de spesifikke behov og utfordringene, samt miljøet man opererer i.

Et viktig moment og en primærteknikk i LPS er den såkalte *pullteknikken*. Pull fungerer som en motsetning til den mer tradisjonelle pushteknikken. Tidligere, og i masseproduksjon, blir ferdig prosesserte produkter sendte videre i produksjonslinjen, uavhengig av om produktet er etterspurt. Dette kan føre til større opphopninger av produkter, som er en av Toyota sine syv typer for waste. I motsetning vil pull-teknikker frigi arbeid inn i produksjonsprosessen basert på hvor i prosessen man er, og om arbeidet er etterspurt. (Forbes og Ahmed 2011)

Styring og administrering av produksjonsraten og rekkefølgen av aktiviteter for å oppnå maksimal kunde verdi er selve hensikten med pull-teknikker. Dette skjer samtidig som man overholder behovene og kravene til prosjektets eier. I tradisjonell produksjon er pullsystemer innført med hell. (Ballard 1999; Forbes og Ahmed 2011)

6 LEAN PROSJEKTERING

Der forrige kapittel tok for seg mer generell produksjonsrettet Lean-teori, vil dette kapittelet ta for seg Lean-prinsipper anvendt til prosjekteringsprosessen.

6.1 BAKGRUNN

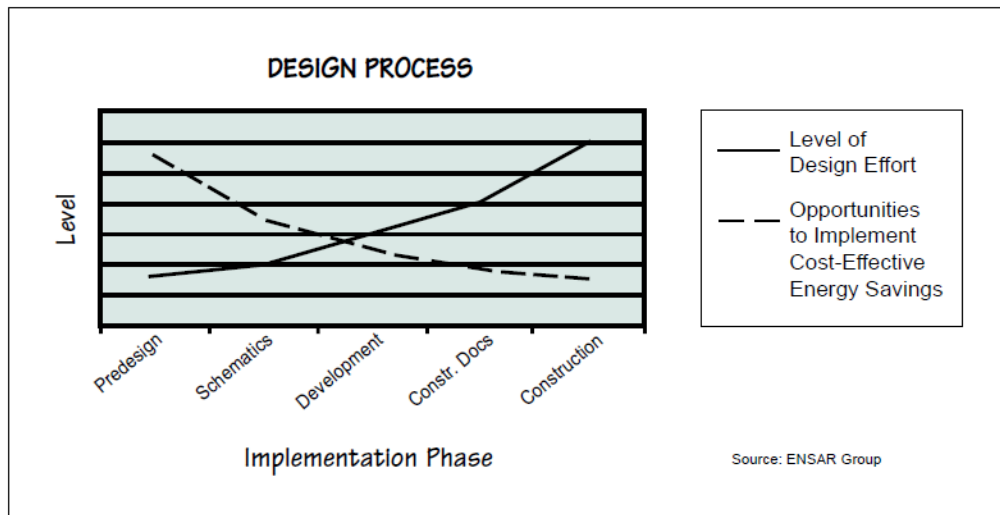
På grunn av Lean construction sin suksess i produksjonssammenheng ble det fremmet ideer om anvendelse av de samme prinsippene også i prosjekteringsfasen. Konseptet ble naturlig nok kalt Lean design, men på grunn av den fundamentale forskjellen mellom prosjektering og produksjon vil det føre til en del utfordringer knyttet til implementeringen. Direkte overføring av prinsippene ville ikke være hensiktsmessig, eller gi ønsket effekt. (Jordheim 2011)

I Sampaio og Neto (2010) kommer det frem at prinsipper fra *Lean production* vil være med på å bidra til en forbedring av prosjekteringsprosessen. Det er derfor ønskelig å undersøke denne påstanden mer. Som i andre bransjer og scenarier handler det også i prosjekteringsprosessen om å gjøre de riktige tingene til riktig tid. En konkretisering av denne påstanden rettet mot prosjektering nevnes i Dahl, Horman, og Riley (2005). Mye av suksessen ligger i relevant og nyttig tidsbruk, og da må man gjøre riktig første gang – slik at man ikke bruker tid på å gjøre ting flere ganger. Til dette trenger man tilstrekkelig informasjon for å kunne ta avgjørelser. Dette er en forutsetning for vellykket prosjektering (Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth 2010). I all hovedsak går implementeringen av Lean-prinsipper i prosjekteringsprosessen ut på å fremme eliminering av waste og ikke-verdiskapende aktiviteter.

6.2 MODERNE OG SAMHANDLENDE PROSJEKTERING

Integrert prosjektering, som mange kaller den moderne prosjekteringsmetoden, integrerer mangfoldige disipliner slik at det oppstår en symbiose der aktørene oppnår et resultat som ikke kunne vært oppnådd dersom hver enkelt aktør hadde jobbet alene. Det oppstår altså en synergisk effekt gjennom integrering av prosessene og aktørene. Aktører oppnår også en større grad av forståelse for prosjektet på et tidligere tidspunkt. Målet med integrert prosjektering er å oppnå høy ytelse til reduserte kostnader,

samtidig oppstår det flere fordeler av å gjennomføre en slik integrering. For å kunne få til dette er man avhengig av at aktørene jobber sammen mot felles mål. I fellesskap skal man oppnå høyt attraktive løsninger på prosjekteringsproblem. Integrasjonen er mest kostnadseffektiv jo tidligere den blir implementert, dette vises i Figur 12. (BuildingGreen 2001)



Figur 12: Implementering av integrert prosjektering

Integrert prosjektering er en tilnærming som integrerer mennesker, systemer, strukturer og erfaringer sammen til en felles prosess der man utnytter alle styrker og talenter for å oppnå et optimalt prosjektresultat. Strategien er basert på tverrfunksjonelle grupper som samarbeider om et prosjekteringsprodukt som optimaliserer bestillerens forståelse av verdi. Integrert prosjektering definerer et optimalt resultat som en situasjon der kundeverdien er maksimert, *waste* er eliminert og prosessen har inneholdt stor grad av effektivitet. (Autodesk 2008)

Autodesk (2008) definerer en rekke egenskaper ved integrert prosjektering. Disse egenskapene fører med seg et konkurransefortrinn det er viktig å utnytte for å oppnå prosjektets mål.

- ✓ Høy grad av samspill i prosessene
- ✓ Utnytte tidlige bidrag fra et individuelt nivå
- ✓ Åpen informasjonsdeling
- ✓ Gruppesuksess er knyttet til prosjektsuksess, med felles risiko og belønning

- ✓ Verdibasert beslutningsprosess
- ✓ Full utnyttelse av teknologisk evne og støtte

Integrert prosjektering er et resultat av et ønske om mer forutsigbare, nøyaktige og ansvarlige utfall av prosjekteringsprosessen. Kontroll er altså en nøkkelfaktor for anvendelsen av integrert prosjektering. Verden er i stadig utvikling, og denne utviklingen har ført til et behov for nytenking innen prosjektering. Tabellen under forklarer hvilke markedsendringer som fører til et behov for modernisering av prosjekteringsprosess, og er hentet fra Autodesk (2008).

Endring mot en mer globalisert arbeidsprosess	Verden blir mindre, noe som fører til at involverte aktører ikke nødvendigvis trenger å komme fra samme by/område. Kulturforskjeller kan oppstå, og man trenger kompetanse når det kommer til samhandling på tvers av fag.
Behov for økt produktivitet og lavere marginer	Krav om større forutsigbarhet hva angår ferdige produkter.
Krav om bærekraftighet	For å få til dette må man øke forutsigbarheten, og bedre analyse- og evalueringsaktivitetene.
Økt kompleksitet av bygninger	Denne kompleksiteten må håndteres.

Tabell 12: Moderne utfordringer

For å kunne håndtere utfordringene som er gitt i Tabell 12 har Autodesk (2008) presentert konkrete tiltak for å kunne ta høyde for disse globale endringene i samfunnet. Punktene er nødvendig å kombinere med bedriftens kultur for å oppnå suksess med integrert prosjektering, og utviklingen i markedet.

Samhandling	Teknologisk samhandling på felles grunnlag.
Representasjon	Visualisering av produktet.
Analyse	Kontinuerlig analyse og måling av prosessen og produktet.
Standarder	Teknologisk standard som et element for enklere samhandling.
Fabrikkering	Anvendelse av automatisering og pre-

Tabell 13: Respons på globale endringer

Det generelle behovet for en tydelig prosjekteringsleder har de siste årene økt betraktelig. Rollen har som formål å integrere aktører, og å koordinere selve prosjekteringsprosessen. Antall aktører som deltar, og som må integreres har økt betydelig med årene. Gray og Hughes (2001) definerer spesielt to ansvarsområder hva angår moderne prosjekteringsledelse.

- ✓ Autoritet i forhold til beslutningstaking
- ✓ Ansvar for grensesnittet mellom de ulike aktører

Det stilles krav til prosjekteringsleder om tilstrekkelig god strukturering av organisasjonen, slik at integrasjonen og koordinasjonen som ligger til grunn for effektivt arbeid har gode vilkår. Et rammeverk må etableres slik at fokuset ligger på de oppgavene og målene som ligger i fremtiden, og oppnåelse av verdikriteriene som ble satt i startfase. (Kestle og London 2002)

Figur 13 viser hvordan rammeverket til den moderne prosjekteringsprosessen bør være, og hvordan det bør henge sammen. I grunn ligger verktøy og teknikker som fasiliterer strategien, denne strategien sørger for målsettinger som igjen leder til oppfyllelse av hovedmålene for prosjektet. Ser man på for eksempel verktøy, er det en rekke slike og det handler om å velge ut de mest relevante til sitt formål. Dette vil være en del av kulturen og taktikken til hver enkelt bedrift. Et slikt rammeverk er nødvendig for prosjektsuksess, og viser sammenheng mellom de ytre aktiviteten som foregår i et prosjekt.



Figur 13: Rammeverk (Kamara, Anumba, og Cutting-Decelle 2007)


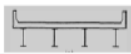




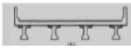


Den moderne prosjekteringsprosessen har et større innslag av aktører, noe som øker antall kommunikasjonskanaler. Denne prosessen følger nå i større grad modellen vist i Figur 14 og er interessant å sammenligne med Figur 5. Selv med et økt antall aktører, er antall kommunikasjonsveier betraktelig redusert.



Figur 14: Moderne kommunikasjon

Som et moderne motsvar på den tradisjonelle *point-based design*, presenteres *set-based design (SBD)*. Dette konseptet er et ledd i en Lean prosjekteringsledelsesstrategi for å fremme avventning av prosjekteringsbeslutninger for å tillate diskusjon og evaluering av så mange prosjekteringsalternativer som mulig for prosjekteringsgruppen. Tradisjonelt blir et antatt best alternativ valgt i en for tidlig fase av prosjekteringsprosessen. Dette alternativet blir ofte avgjort som lite hensiktsmessig senere i prosessen - noe som fører til repetering av de allerede gjennomførte aktivitetene. (Lee, Tommelein, og Ballard 2010)

Ved å bestemme seg for en SBD-tilnærming, velger de prosjekterende flere sett med alternativer, i stedet for ett, og begrenser sett av alternativer etter hvert som diskusjoner og argumentasjoner rundt dem forekommer. Man velger ut egenskaper ved det endelige produktet må være på plass, og eliminerer vekk alternativer ettersom man vurderer oppnåelsen av disse egenskapene i forhold til den forhåndsbestemte kunde verdien.

Design Alternatives		Deck and FS	Falsework Requirement	Span Length	Speed of Construction	Ease of Construction	Maintenance	Closed Bottom
Steel	Space Frame 	Not suitable for concrete						
	Steel Beam 							Expensive periodic coating
Precast	U-Section 							
	Bulb-T Girder 							Additional \$\$ for bottom
	T-Section 						Hard to build	
	Closed Box 					Slow construction		
	I-Girder 				Does not support long span			
	U Segmental 				Does not support long span			
CIP	Box Girder 	100% falsework						

Figur 15: Set-based design ((Lee, Tommelein, og Ballard 2010)

Figur 15 viser hvordan denne eliminasjonsprosessen som er karakteristisk for SBD fungerer. I denne situasjonen har man gått for en prefabrikkert løsning med u-søylar ettersom den tilfredsstillende et gitt antall forutsetninger gitt av kunde eller øvrige aktører.

6.3 KONSEPTUALISERING

Med konseptualisering menes det hvordan man betrakter, tolker og vurderer de ulike aktivitetene og avhengigheten som binder de sammen. Tradisjonelt sett har man kun hatt et konsept, eller en innstilling på hvordan prosjekteringsprosessen kan og skal håndteres. Med *concurrent engineering* ble det derimot introdusert to nye syn på prosjekteringsprosessen sine aktiviteter. De tre synene forklarer og viser utviklingen for produksjonsteori i dette århundre.(Koskela 2007). De tre konseptene ser på prosjektering som:

- ✓ Omforming
- ✓ Informasjonsflyt
- ✓ Verdigenerering

Et essensielt poeng for å kunne forstå hvordan disse konseptene er representert er at de ikke er konkurrerende eller alternativer for hverandre, men at de er utfyllende og enkeltdeler av prosjekteringsprosessen. Det er altså nødvendig å etablere et system der man integrerer disse tre konseptene. Forskjellen mellom dem er måten de beskriver de ulike aspektene og egenskapene i prosessen.

I følge Jørgensen og Emmitt (2006) virker det som det er litt skjevt fokus mot flytledelse og reduksjon av *waste*, sett i forhold til ledelse av verdi for kunden. Han sier og at det de siste årene har blitt et større fokus på verdiskaping for kunde – og han mener at det er her mye av utviklingspotensialet for prosjekteringsledelse ligger.

6.3.1 OMFORMING

Det å se på prosjekteringsprosessen som endring og overføring av kundekravene til prosjekteringsprodukter er den tradisjonelle måten å gjøre det på. Generelt kan man si at det som symboliserer denne vinklingen er en inndeling av prosjekteringsprosessen i underprosesser. En spesialist på et fagfelt utarbeider en plan for den respektive

underprosessen, på grunnlag av hans egen oppfatning av kundens krav. Perspektivet har sin styrke i at det er enkelt å oppdage hvilke oppgaver og aktiviteter som er nødvendige i prosjekteringsprosessen (Freire og Alarcón 2002). Etersom det i nyere tid har kommet andre konsept som supplerer dette tradisjonelle synet, vet vi at synet alene ikke vil være tilstrekkelig for en prosjekteringsprosess. Ved for mye vektlegging på denne vinklingen vil det oppstå en rekke problemer som det er nødvendig å unngå for å skape en så god prosess som mulig, disse vises under (Tzortzopoulos og Formoso 1999):

- ✓ Ikke alle kundekrav blir identifisert i startfasen av prosjektet
- ✓ Prosjekteringsfeil blir først oppdaget på et senere tidspunkt
- ✓ Stor representasjon av ikke-verdiskapende aktiviteter

Temaet blir også diskutert i annen litteratur. Koskela (2007) vektlegger følgende svakheter og problemer ved kun å anse prosjektering som transformasjon.

- ✓ Vanskelig å prosjektere enkle og forutsigbare løsninger
- ✓ Overdreven tidsbruk til utvikling
- ✓ Prosjekteringsprodukt med dårlig produserbarhet
- ✓ Utilstrekkelig fokus på kunden
- ✓ Dårlig kobling med leverandører
- ✓ Neglisjering av kontinuerlig forbedring

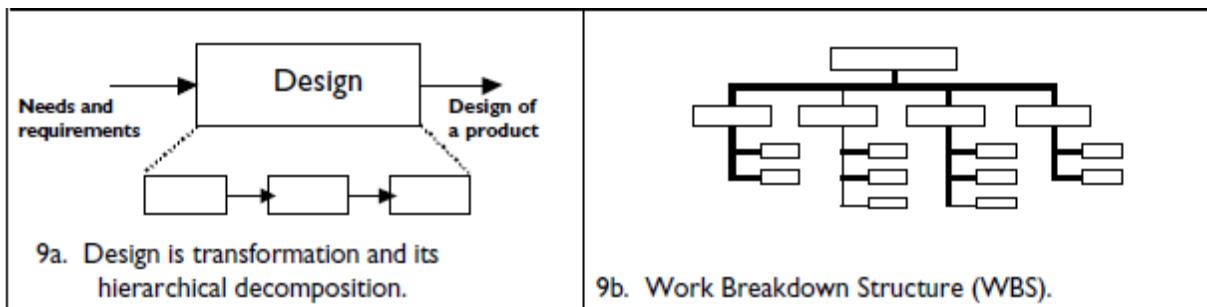
Et annet problem kan oppstå når man skal undersøke hvordan man skal forhindre en unødvendig fordeling av ressurser. I tillegg peker studier på at perspektivet er effektivt når det kommer til planlegging, men svikter når det kommer til forbedring, og utnyttelse av dette potensialet. (Freire og Alarcón 2002)

Måten aktivitetene henger sammen på gjennom de ulike avhengigheter er det ikke et tilstrekkelig fokus på dersom man håndterer prosessen kun etter dette synet. Man opplever en fragmentering der man ser aktivitetene som enkelthendelser uavhengig av andre aktiviteter. Aktiviteter med nødvendig kreative iterasjoner, samt håndtering av variabilitet vil det heller ikke bli tilstrekkelig fokus på med transformasjonsperspektiv. (Freire og Alarcón 2002)

Dekomponering av aktiviteter er sentralt i denne tradisjonelle og konvensjonelle konseptualiseringen av prosjekteringsprosessen. Ved å gjennomføre dekomponeringen av aktiviteter risikerer man å ikke prosjektere tilstrekkelig godt nok. Informasjon er en parameter som er nødvendig i et samspill, men ikke er representert i denne fremstillingen. Informasjonen blir inspisert, lagret og kommunisert – alle er aktiviteter som faller utenom transformasjonskompetet. Det prosjekteres ut i fra et ingeniørperspektiv, og mangler fokus på effektivt samarbeid og effektive interaksjoner. (Freire og Alarcón 2002)

MODELLERING

Sentral i planleggingen og struktureringen av prosessen er *Work Breakdown Structure* (WBS). WBS tar utgangspunkt i de aktivitetene som er oppdaget, og visualiserer aktivitetene som under- og overordnede arbeidspakker. Metodene skaper en god oversikt over hva som må gjøres og en enkel visning av sammenhengen av aktivitetene.



Figur 16: WBS (Koskela 2007)

6.3.2 INFORMASJONSFLYT

Den andre konseptualiseringen baserer seg på et syn på prosjekteringen som flyt av informasjon. En tydeliggjøring av ikke-verdiskapende aktiviteter blir gjort, slik at man effektivt kan forhindre og eliminere disse på forhånd (Tzortzopoulos og Formoso 1999). Ved å se på aktivitetene som flyt av informasjon tillater man i større grad koordinering av avhengigheter (Freire og Alarcón 2002). For å oppnå flyt er det nødvendig med en forståelse av hvor informasjon kan være i en prosess. I følge Koskela (2007) kan informasjon være i fire ulike stadier i en prosess:

- ✓ I endring
- ✓ Ventende
- ✓ I bevegelse
- ✓ Til inspeksjon

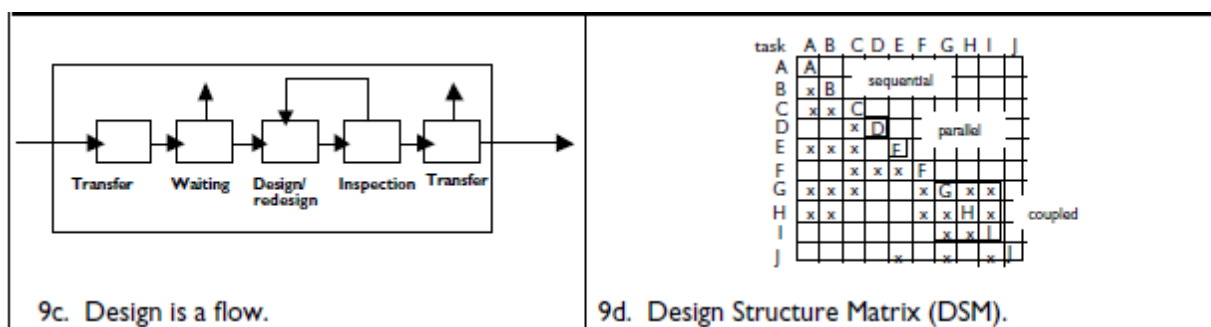
Ser man på de ulike stadiene, er det kun det første som er verdiskapende i prosjekteringsprosessen. Man bør derfor redusere omfanget fra de tre andre stadiene, noe som gjøres ved å begrense følgende punkter(Freire og Alarcón 2002):

- ✓ Tiden før informasjon blir benyttet
- ✓ Tiden brukt på inspeksjon av informasjon i samsvar med krav
- ✓ Tiden brukt på omarbeid av informasjon for å oppnå samsvar
- ✓ Tiden brukt på overføring av informasjon fra prosjekterende til prosjekterende

Informasjon er viktig, ettersom det er informasjonen som ligger til grunn for avgjørelser og bestemmelser. En strukturering av informasjon, vil føre til et bedre grunnlag for å ta disse avgjørelsene på.

MODELLERING

Design Structure Matrix (DSM) er et modelleringsverktøy som bidrar til forståelsen av dekomposisjon og integrasjon. DSM visualiserer koblingen mellom ulike komponenter i et system. I prosjekteringssammenheng vil dette være de ulike aktørene som representerer sin respektive fag. Modellen er kvadratisk med identiske rader og kolonner. Radene representerer hva en aktør skal gi en annen, mens kolonnene representerer hva aktører trenger fra andre aktører (Input-output). (Browning 2001)



Figur 17: DSM (Koskela 2007)

Hvordan man markerer i DSM avgjør hvilken avhengighet aktiviteten har seg i mellom. Dette er vesentlig i forhold til forståelsen av hvordan informasjon må flyte. Ved å bruke DSM i prosjekteringsprosessen i et bygg- og anleggsprosjekt, er det i første omgang flyt av informasjon tabellen skal visualisere. En slik illustrering tydeliggjør rollene, og hvor man skal hente ut informasjonen for å fortsette prosjekteringen.

6.3.3 VERDIGENERING

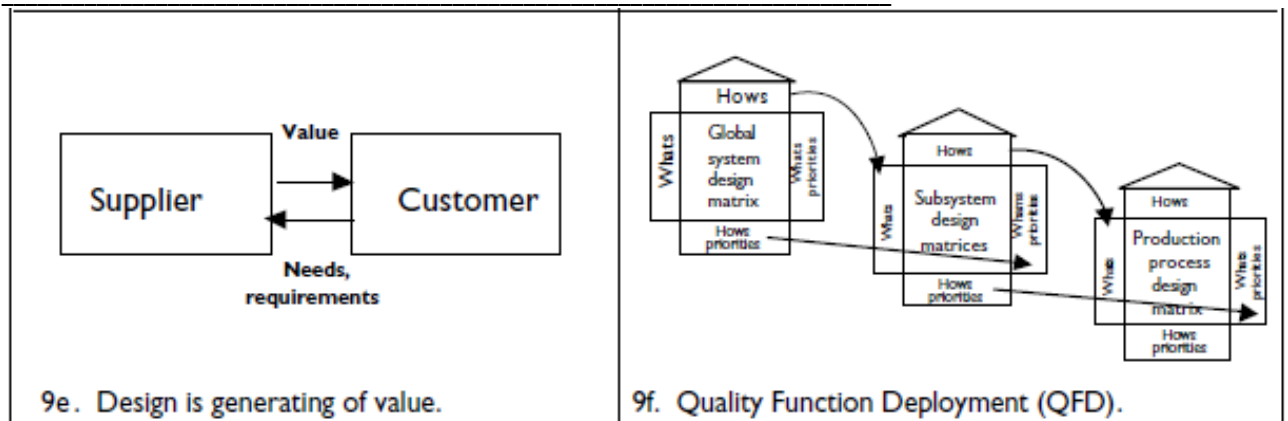
Hovedessensen av dette synet handler om at man har fokus på en maksimering av det kunden definerer som verdi. I prosjektering definerer man problemløsning gjennom kreative prosesser som en verdiskapende aktivitet, og det er derfor elementært å legge til rette for kreative miljøer ved å fjerne hindringer. Dette forekommer gjennom en iterativ prosess basert på tolkning av kundens krav og diskusjon rundt tolkningene. (Tzortzopoulos og Formoso 1999)

Tre problem kan oppstå ved verdioptimaliseringen, disse problemene anses som *waste* og må elimineres (Koskela 2007):

- ✓ Man forstår ikke kundekravene riktig
- ✓ Kraven går tapt, eller forblir uoppfylte
- ✓ Omformingen av krav til produkt er ikke optimal

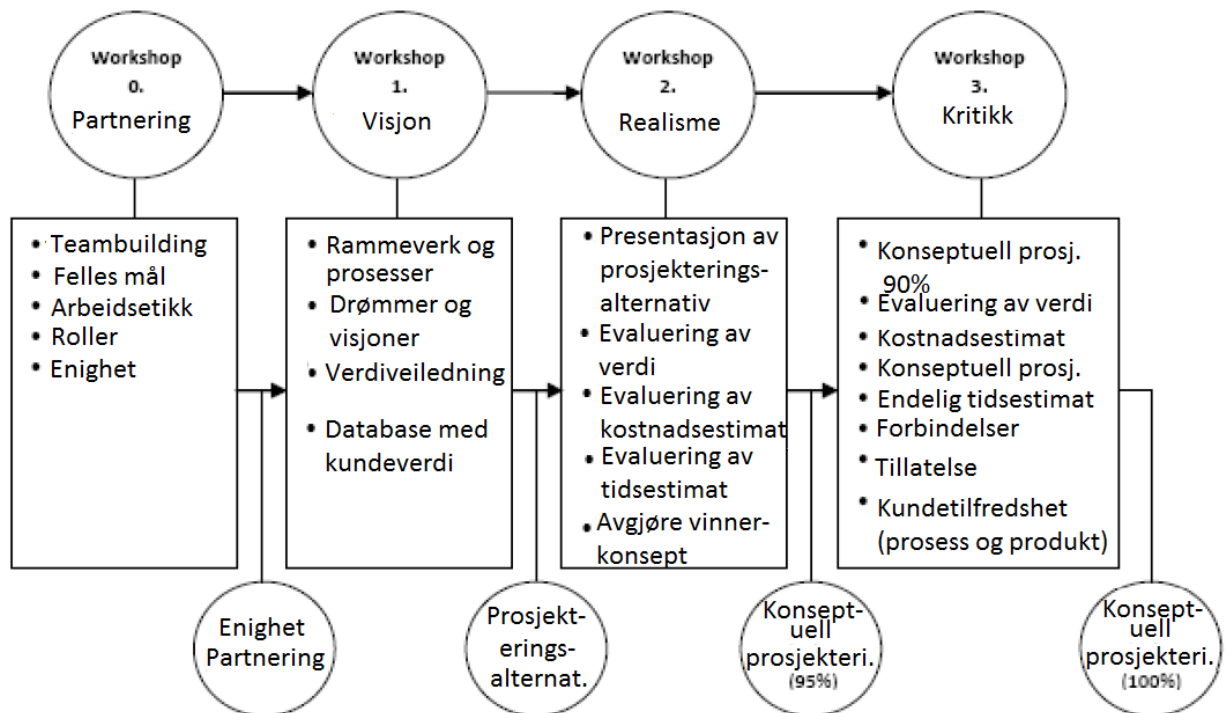
MODELLERING

Quality Function Deployment (QFD) er et modelleringsverktøy som viser koblinger mellom krav og løsninger. Prioriteringer fra kunden styrer hvilke prioriteringer man gjør i prosjekteringsprosessen, på denne måten har man en systematisk oversikt som *tvinger* aktørene til å prosjektere ut i fra kundens forståelse av verdi. QFD legger også til rette for gruppearbeid på bakgrunn av felles mål, åpenhet rundt avgjørelser og samarbeid for å løse konflikter. (Koskela 2007)



Figur 18: QFD (Koskela 2007)

I Thyssen et al. (2008) legges det frem en annen modell som er utarbeidet av arkitekten Stephen Emmitt (medforfatter i artikkelen), hvor intensjonen er og utforske kunde verdi i starten av et prosjekt. Modellen kalles *The Workshop Model* og er visualisert i Figur 19.



Figur 19: The Workshop Model

Modellen viser hvordan prosessen frem mot ferdigstillelse av det konseptuelle prosjekteringsproduktet. Prosjekteringsprosessen gjennomføres av aktører som på forhånd har inngått partneringsavtaler, noe som blir gjort på bakgrunn av felles mål og en tydeliggjøring av ansvar og roller. Når man har blitt enig om å jobbe sammen frem

mot ferdigstillelse, kan selve prosjekteringsarbeidet starte. Evaluering er en viktig aktivitet som bidrar til optimalisering av sluttproduktet. (Thyssen et al. 2008)

6.3.4 INTEGRASJON AV KONSEPTENE

Fra Tzortzopoulos og Formoso (1999) erfares det at en integrasjon av de tre konseptene i prosjektering er nødvendig for å oppnå optimal suksess. Videre i studiet viser forfatterne seks punkter som bidrar til bedre integrering av konseptene.

- ✓ Unngå en segmentert og rigid rekkefølge av aktiviteter
- ✓ Tydelig interne forhold mellom klient og leverandør
- ✓ Oppmuntring til direkte interaksjon mellom prosjekterende og kunden
- ✓ Innvolver prosjekterende i felles løsninger
- ✓ Arbeid med et sett av prosjekteringsalternativer
- ✓ Innføre et kontrolleringsfokus på flytaktiviteter

Tabell 14, er hentet fra Koskela (2007), og viser hvordan de ulike konseptene kjennetegnes og betyr for prosjekteringsprosessen

	Omforming	Flyt	Verdigenerering
<i>Konseptualisering av prosjektering</i>	Omforming av krav og annet input til prosjekteringsprodukt	Flyt av informasjon, sammensatt av omforming, inspeksjon, bevegelse og venting	En prosess hvor kundeverdi oppnås gjennom oppfyllelse av kundens krav
<i>Hovedprinsipp</i>	Hierarkisk dekomposisjon, kontroll over dekomponerte aktiviteter	Eliminering av <i>waste</i> : reduksjon av usikkerhet og tidsbruk	Eliminering av verditap
<i>Metoder og modellering</i>	Work Breakdown System, Critical Path Method, Organizational Responsibility Chart	Design Structure Matrix, gruppetilnærming, verktøyintegrering, partnering	Quality Function Deployment, The Workshop Model

Praktisk tilførsel	Tar ansvar for å få ting gjort	Tar ansvar for eliminering av unødvendige aktiviteter	Tar ansvar for at kundekravene blir imøtekommet på best måte
---------------------------	--------------------------------	---	--

Tabell 14: Konseptualisering

Hovedbidraget fra Concurrent Engineering er modellering av flyt- og verdi-aspektene, og involvering av disse i den systematiske planleggingen og styringen av prosjektet. Lean prosjektering fungerer som en døråpner for en praktisk anvendelse av det teoretiske grunnlaget som Concurrent Engineering har resultert i. (Freire og Alarcón 2002)

6.4 IMPLEMENTERING AV LEAN-FILOSOFI I PROSJEKTERINGSPROSESSEN

Thyssen et al. (2008) antyder i sine studier at det har vært ukorrekt tilnærming på implementering av Lean-prinsipper til prosjektering. Fokuset har i for stor grad vært mot flytledelse og reduksjon av *waste*. Det vil være viktig i tiden fremover og øke fokuset på ledelse og forbedring av kunde verdi.

Det ønskes å kontrollere og planlegge prosjekteringsprosessen effektivt. Dette kan gjøres ved implementering av prinsipper fra Lean construction og concurrent engineering. Tzortzopoulos og Formoso (1999) sine studier resulterer i en del Lean construction-inspirerte tiltak for å øke forutsigbarheten i prosjekteringsprosessen. Disse er gjengitt nedenfor.

- ✓ Redusering av ikke-verdiskapende aktiviteter
- ✓ Øke produktverdien gjennom systematisk vurdering av kundekravene
- ✓ Redusere prosessvariabiliteten
- ✓ Redusere syklustiden
- ✓ Forenkling ved å minimere antall steg, deler og koblinger
- ✓ Øke produktfleksibiliteten
- ✓ Øke åpenheten i prosessen
- ✓ Fokus på en helhetlig prosess
- ✓ Etablering av kontinuerlig forbedring i prosessen

- ✓ Balansering av forbedringen i flyt- og omformingsaktiviteter
- ✓ Måling

Thyssen et al. (2008) oppgir (i Tabell 15) Lean prinsipper og ser de i sammenheng med *The Workshop Model* (presentert i kapittel 0). Deretter gis det en vurdering av sammenligningen, og anbefalinger for videre utvikling og implementering av Lean-prinsippene.

Lean-prinsipp	The Workshop Model (TWM)	Forslag til utvikling
'Store prosjektledere' med endringsvisjoner	TWM har ingen metoder for å imøtekomme dette prinsippet	Utnevn en uavhengig integratør som vil tjene kundens interesser
Forståelse av kundeverdi og opprettelse av verdihierarki	Bruk av verditre	Grundig bruk av QFD. Grad av forhandling av produktobjektiv for å skape forpliktelse til prosjekteringsgruppen
'Frontloading' i prosessen	Innbakt i konseptet TWM	Prinsipper bør utvikles når det gjelder omfanget av "frontloading" i forholdet til prosjektets egenskaper
Set based concurrent engineering	Prosjekterende er nødt til å produsere minst tre prosjekteringsalternativer	A3-ark for å presentere prosjekteringsløsninger for å forbedre kommunikasjon og effektivitet i møter
Pullteknikker til riktig tidspunkt	Mest relevant for detaljprosjektering.	Ekstra retningslinjer for kommunikasjon. For eksempel; ikke "svar alle" i e-post
'Ansikt-til-ansikt'-integrering	Innbakt i konseptet TWM	Tverrfaglige utviklingsgrupper kan formes for å sikre kompatibilitet
'Hands-on'-tilnærming og integrering av relevante	Mer relevant for påfølgende faser i detaljprosjektering.	Tilbakemelding i samarbeid med aktører

leverandører		
Etablering av en læringskultur	TWM har ingen metoder for å imøtekomme dette prinsippet	Kaizen(forbedringsprinsipp) fra Lean kan brukes for kontinuerlige forbedring
Standardisering av prosess, ferdigheter og komponenter	Med videre utvikling av TWM kan modellen være rammeverk for en standardiseringsprosess	Standardisering må gjøres på et høyere nivå innad i en organisasjon

Tabell 15 : Lean VS. The Workshop Model

6.4.1 HINDRINGSANALYSE

Fra Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth (2010) erfares det at i et skandinavisk perspektiv er planlegging av aktiviteter med post-it-lapper og hindringsanalyse i hovedsak det viktigste bidraget fra LPS. Dette er også bidrag som kan overføres til prosjekteringsprosessen. Veidekke opererer med en hindringsanalyse i produksjon de kaller *de syv forutsetninger*. Denne modellen angir hva som må være tilstede for at en aktivitet skal være verdiskapende uten mange hindringer.



Figur 20: De syv forutsetninger (Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth 2010)

6.4.2 UTFORDRINGER

Produksjonsprosessen og prosjekteringsprosessen er etterfølgende prosesser på veien til ferdigstilling av et bygg- og anleggsprodukt. De kan anses som like, men er på mange måter langt fra identiske. Denne faktoren vanskeliggjør overføringen av Lean-prinsipper mellom prosessene. Jørgensen og Emmitt (2006) sin forskning peker på utfordringer

som oppstår ved direkte implementering av Lean-prinsipper fra produksjons- til prosjekteringsprosessen.

✓ **Ledelse av iterative prosesser**

Generell Lean-teori forteller at iterative prosesser vil føre til generering av mye *waste* gjennom blant annet gjenarbeid. Ser man på design og prosjektering, ligger nettopp mye av verdien i disse iterative prosessene. Det vil derfor være en viktig del av prosjekteringsledelse å skille mellom positiv og negativ iterasjon.

✓ **Prosjektering gjennom samspill mellom entreprenør og leverandør**

Dette punktet bryter med måten man tidligere har jobbet på. For å få ønsket uttelling av denne måten å prosjektere på, krever det full involvering fra deltagerne. Tilrettelegging og lederskap er suksesskriterier for å skape effektiv kommunikasjon mellom aktørene.

✓ **Engasjement og forpliktelse fra involverte aktører**

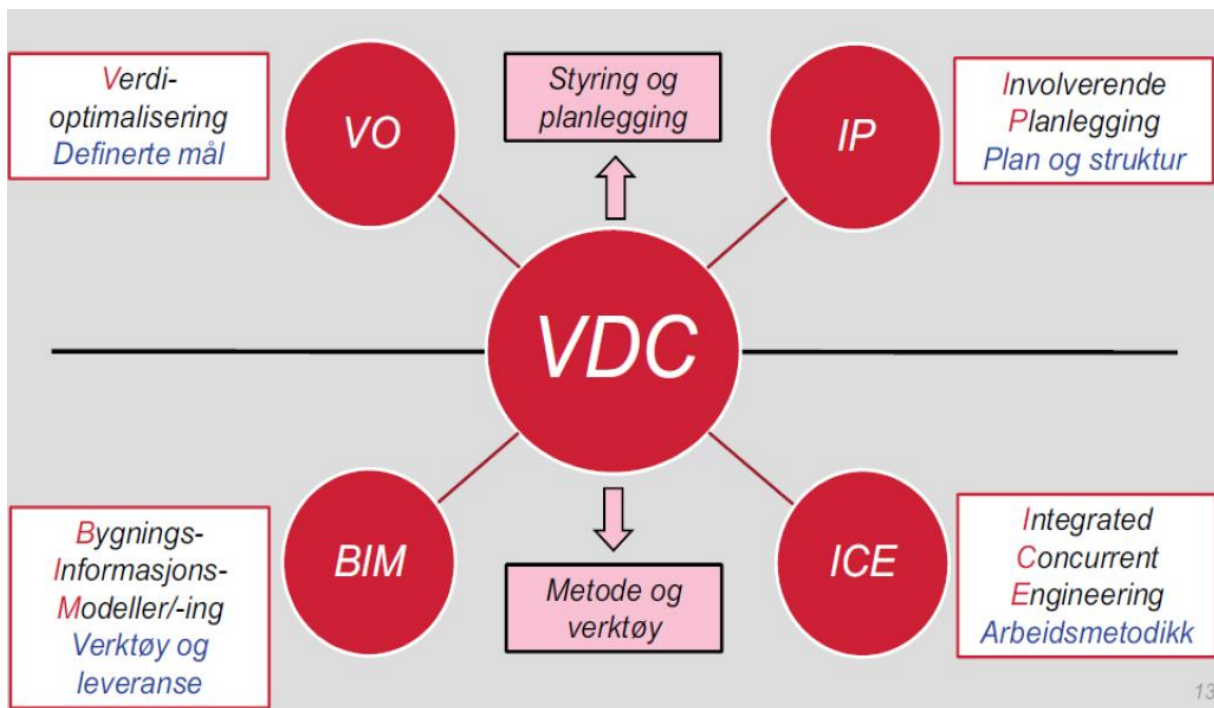
Suboptimalisering, der alle aktører prøver å oppnå mål for sitt eget beste, må unngås. Det er derfor viktig å skape felles mål, og få alle aktører til å arbeide sammen mot disse målene.

7 VDC – VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION

Prosjektering er komplekst og stort fagfelt der man må ha en helhetlig oversikt over hva som foregår for å kunne håndtere og styre prosessen. Dette kapittelet sees det nærmere på VDC som samler en rekke prinsipper i et konsept hvor målet er en optimalisering av prosjekteringsprosessen.

7.1 BAKGRUNN

Virtual Design and Construction er et konsept som omfatter og inkluderer en rekke forbedringskonsept. Figur 21 viser hvordan Veidekke definerer VDC.



Figur 21: Definisjon VDC

Med VDC menes altså hvordan arbeidet rundt prosjekteringsproduktet skal planlegges og organiseres. Det ligger en rekke metoder, verktøy, rutiner og prinsipper bak gjennomføringen av en prosjekteringsprosess. VDC samler disse i et konsept, og etablerer rutiner og standardiseringer av prosessen.

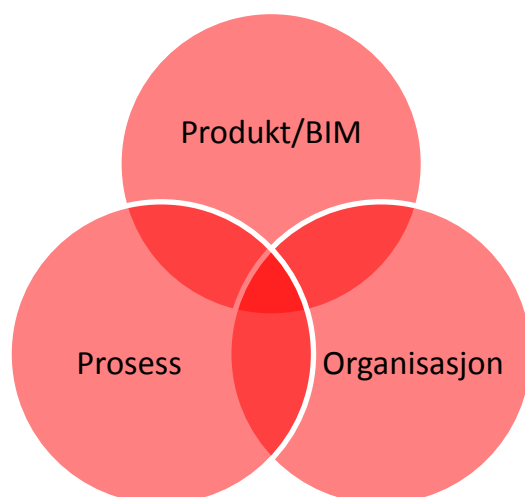
VDC fremstår som moderne, og er PC-basert. Modellene er ikke basert på papirtegninger, noe som bidrar til en økning av fleksibilitet, visualisering og

interaktivitet. Det oppstår et integrert rammeverk som støtter tverrfaglige prosjekteringsgrupper. (Kunz og Fischer 2009)

VDC har et stort potensial dersom det tilpasses prosjekteringsprosessen. VDC knytter aktørene tettere sammen, og reduserer derfor forsinkelsesraten dramatisk. I flere tilfeller er det observert store reduseringer av informasjonsforsinkelser, fra dager til timer og minutter når aktører deltar på de integrerte møtene. Man oppmuntrer aktørene til å sitte i samme rom å prosjektere, slik at informasjonsflyten forekommer inne i rommet over kort tid. Gjennom integrerte prosjekteringsmøter vil aktørene også føle et økt eierskap og større involvering i prosjektet og dens beslutningsprosess. (Kunz og Fischer 2009)

7.2 INNHOLD

Det er tre nivåer i en prosjekteringsprosess som behøver kontroll og strategi. Dette er vist i Figur 22, og er videre referert til som POP-modell. En prosjekteringsleder er nødt til å kontrollere prosjekteringen av produktet som skal bygges, prosjekteringen av organisasjonen og prosessen. Med produktet menes det vegger, himlinger, ventilasjonsanlegg etc., med organisasjon menes hvordan aktørene er satt sammen og med prosess menes aktiviteter og milepæler som kommer. (Kunz og Fischer 2009)



Figur 22: Nivåer av VDC (POP)

Tabell 16 viser hvilke fordeler og utfordringer vi har med bruk av VDC i prosjekteringsprosessen.

Fordeler	Utfordringer
- Tidlig kvalitetssikring av tekniske løsninger	- Krever mer samspill mellom de forskjellige aktørene
- Håndtere konflikter og kollisjoner	- Behov for kompetanseheving
- Utvikling av prosjektet med kostnadselement	- Organisatoriske utfordringer ved
- Lavere grensesnitt mellom arbeidsoperasjoner	håndtering av banker, priser og oppskrifter
- Leter å håndtere endringer	

Tabell 16: Hva VDC innebærer (Kunz og Fischer 2009)

7.3 ELEMENTER

VDC deles i hovedsak inn i tre ulike faser. Hver fase må tilnærmes på en unik måte, og ha en egen strategi. Figur 23 illustrer denne faseinndelingen og i korte trekk hva de innebærer. Under figuren kommer en mer utfyllende beskrivelse av innholdet i fasene, dette er hentet fra Kunz og Fischer (2009).



Figur 23: VDC-faser

1. Visualisering

I denne fasen produseres modeller av produktet, organisasjonen og prosessen videre (POP). Dette gjøres med det formålet at aktører kan forstå og relatere til hva man arbeider med. De mest kostnadmessig omfattende elementene blir modellert og visualisert. Selve modelleringen er en sosial prosess som inkluderer aktørene. I denne fasen blir også mål, strategier, ansvar og forventninger presentert.

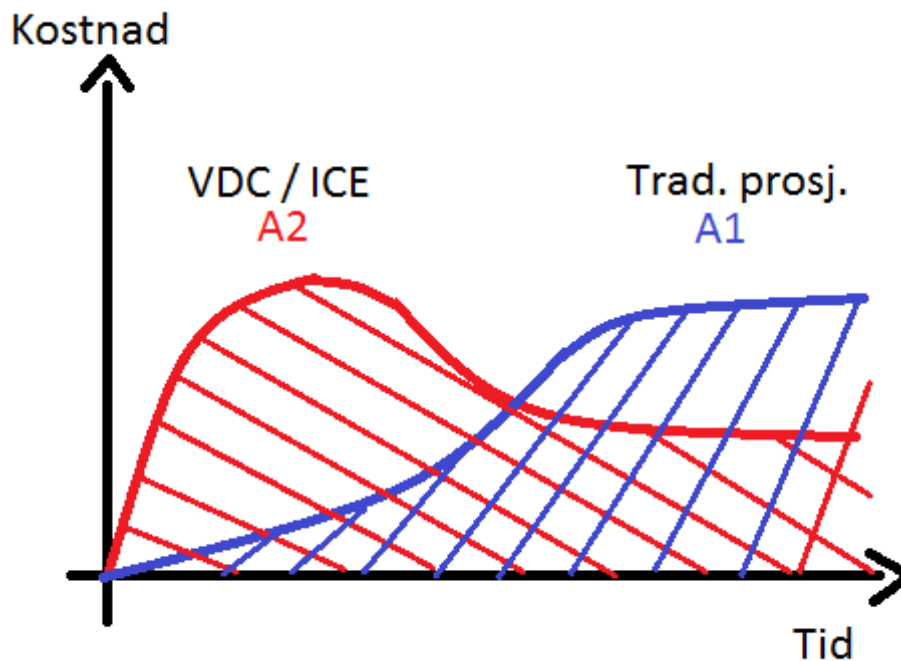
2. Integrering

Informasjon og data vedrørende POP blir delt mellom aktørene på et nettverksforum. Investering i VDC-utstyr er dyrt, og må ikke skje på bakgrunn av verdimålsettingene til prosjektet, men på bakgrunn av verdimålsettingene til entreprenøren. En definisjon av forholdet mellom POP, blir også fremlagt.

3. Automatisering

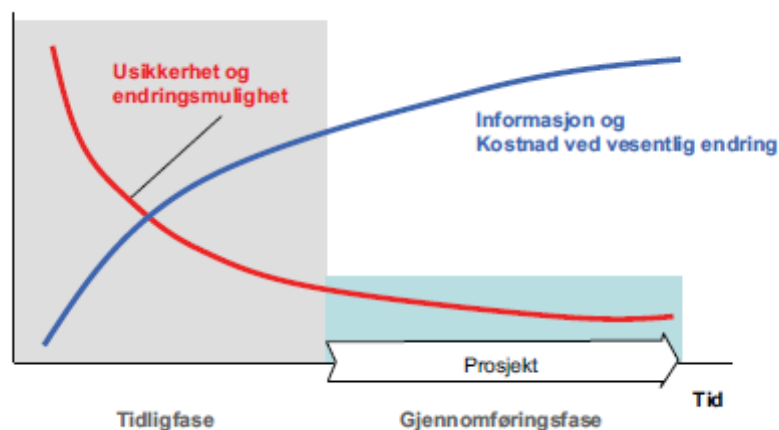
Automatiserte metoder for å gjennomføre rutineprosjektering er det ønskelig å tilføre, for å spare ressurser. Automatisering vil føre til økt grad av effektivitet, og redusert tidsbruk hva gjelder produksjon.

Figur 24 er inspirert av Figur 12, den største mengden kostnader ligger i begynnelsen av prosjektet og avtar med tiden. Med implementering av VDC er det selvfølgelig ønskelig med lavere totale kostnader i prosjektet, areal A1 bør derfor være mindre enn areal A2.

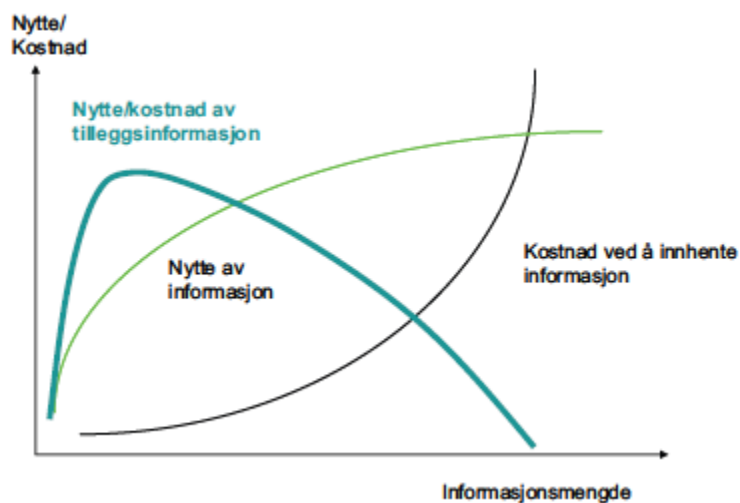


Figur 24: VDC, kostnadsfordeling

Ser man så Figur 24 i sammenheng med Figur 25 og Figur 26 ser man at i tidligfasen vil endringsmulighetene være størst og kostnadene for endring være minst. Dette underbygger forslag om å bruke mye tid og mer penger i tidligfasen. I tillegg vil nytten, sett i forhold til kostnadene, være størst i tidligfasen. Det å innhente informasjon på et senere tidspunkt vil kreve mer arbeid og dermed koste mer.



Figur 25: Usikkerhet og endringsmulighet(Samset 2008)



Figur 26: Nytte/kostnad av tilleggsm informasjon(Samset 2008)

Fra artikkelen Kunz og Fischer (2009) følger en rekke anbefalinger for hvordan man bør anvende VDC i prosjekteringsprosessen. De mest relevante er inkludert i dette delkapittelet.

1. Inviter alle aktører til et kickoff-møte. Identifiser hva VDC er, og dens fordeler. Definer prosessen, organisasjonen og produktet.
2. Avhold prosjekteringsmøter i et iRoom (se kapittel 7.8).
3. Inkluder alle aktører når breakdown structure skal defineres.

4. Benytt 4D-animasjoner for å optimalisere visualiseringen av fremdriften, og forståelsen av produktet. Alle aktører må forstå hindringer som kommer videre i prosessen.
5. Klare og tydelige organisasjonsmodeller, slik at det er enkelt å forstå ansvars- og risiko-fordelingen.
6. Åpenhet og fellesskap, hva gjelder mål for prosjektet. Målene må også være spesifikke og ambisiøse, men realistiske. Innfør incentiver når organisasjonen som enhet oppnår målene. Unngå suboptimalisering.
7. Mål prosessytelsen, søk forbedring.

7.5 VERDIOPTIMALISERING

Slik som Veidekke i dag har definert VDC, er verdioptimalisering et eget underelement av VDC på lik linje som IP, BIM og ICE. Verdioptimalisering skal bidra til å øke verdien for de involverte aktørene. Verdi er et begrep de fleste forstår, men som mange kan synes er vanskelig å definere. Det kan defineres rent filosofisk, eller ved hjelp av matematikk. Fra Thyssen et al. (2008) erfares det at den mest brukte matematiske definisjonene er som følger:

$$\text{Verdi} = \frac{\text{Funksjonalitet}}{\text{Kostand}}$$

Her ser man at lavere kostnader og bedre funksjonalitet gir høyere verdi, mens økte kostnader og en reduksjon av funksjonaliteten bidrar til mindre verdiskaping. For realister er dette en god formulering av verdi, men det må i tillegg vektlegges noen filosofiske faktorer som hjelper på forståelsen av begrepet (Thyssen et al. 2008).

- ✓ Verdi er i de fleste tilfeller en subjektiv vurdering avhengig av den respektive aktørens sine interesser, samt aktørens oppfatninger, moral og idealer.
- ✓ Verdi kan oppfattes, og rangeres objektivt. Dette avhenger av konteksten, for eksempel hva miljøet kan tilby og gruppens tillatelser.
- ✓ Verdivurdering er i større grad holdbare dersom flere aktører er enige av vurdering, og den er basert på riktig informasjon og antagelser.

- ✓ Verdi trenger ikke være knytte til et fysisk objekt, men kan også komme av aktiviteter, relasjoner, kunnskap etc. Verdi kan erfares gjennom en prosess som leder mot et mål.
- ✓ Verdi skiller seg fra kvalitet, som er en oppfyllelse av objektive forhåndskrav.

Som Figur 27 antyder, og punktene ovenfor bekrefter, er verdi en subjektiv opplevelse. Bestilleren, entreprenøren, leverandører, underleverandører, prosjekterende og arkitekt, for å nevne noe, har sin egen oppfatning av hva som gir verdi. For entreprenøren, som har ansvaret for byggingen på oppdrag fra bestiller/byggherre, er verdiforståelsen viktig. Prosjekteringslederen har ansvaret for å samkjøre aktører med ulike mål og verdi, og dette bidrar i stor grad til prosjekters kompleksitet. En aktør ser først og fremst på sitt eget arbeid, og kvaliteten på dette, kanskje uten å bry seg så veldig mye om hvilke følger dette kan få for neste aktør som skal jobbe videre med dette arbeidet. Figur 27 illustrer ulike tilnæringer til et bygg.



Figur 27: Ulike synspunkt (Jensen, Hamon, og Olofsson 2009)

7.6 BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

BIM er en måte å modellere og visualisere det endelige produktet på før man starter selve produksjonen. Tidligere praksis til dette formålet har vært cad-tegninger i 2D, en modellering som ikke bidrar til spesielt god forståelse av produktets oppbygning (Kunz og Fischer 2009). BIM inkluderer flere dimensjoner - 3D, 4D og 5D. 4D-modellering er en 3D-visualisering som også inkluderer tidsbruk. 5D inkluderer også det økonomiske aspektet.

Ved å visualisere på en tydelig måte vil man på et tidligere tidspunkt og med bedre kvalitet kunne kommunisere mål, krav og utfordringer for prosjektet. 3D-modellering

medfører muligheten til å gjennomføre kalkulasjonstester og enkel orientering inne i bygget noe som får aktørene til å forstå hvordan bygget er satt sammen.

BIM er faktoren som muliggjør integrert prosjektering. Ser man på POP-inndelingen av VDC, er det altså selve produktet som BIM støtter opp under. BIM legger til rette for en forbedring av ytelsen til aktørene, men er altså avhengig av gode modeller for prosessen og organisasjonen for at helheten skal fungere optimalt. BIM er en teknologi som forenkler og legger til rett for informasjonsflyt mellom aktørene. BIM bidrar til at samhandlingsfaktoren representeres i mye større grad gjennom et helt prosjekt. (Holt 2011; Veidekke 2011)

En kilde for feilinformasjon og gjenarbeid er endringer. I et tradisjonelt prosjekt foretar man en endring på en 2D-tegning, gjennom en revisjon. Når det forekommer mange endringer gjennom et prosjekt, vil det forekomme mange ulike typer revisjoner. Endringer som forekommer i BIM vil være enklere å håndtere og analysere. Det er også mulighet for større grad av automatisering i BIM, for eksempel at alle elementene er knyttet sammen på en slik måte at ved endring av et element vil de andre elementene tilpasse seg endringen. Automatisering fører til mindre arbeid. (Veidekke 2011)

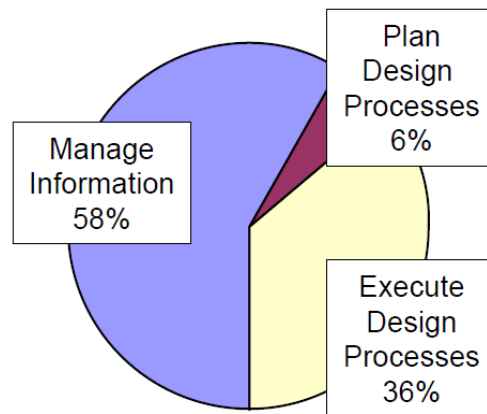
Punktene under viser hvilke fordeler anvendelsen av BIM tilfører de ulike fasene i prosjekteringsprosessen. Ved å benytte BIM i et miljø med høy grad av samspill vil bidra til en forbedring av prosessen i sin helhet. Resultatene vil bli mer forutsigbare og nøyaktige. (Autodesk 2008)

- ✓ Bygger under og bidrar til samhandlingsprosesser
- ✓ Aktører bidrar enklere og mer effektivt med sin ekspertise.
- ✓ Forbedret beslutningstagning, på grunn av mer kvalitet i underlaget for beslutningen.
- ✓ Bedre kontroll
- ✓ Forbedret koordinasjon og dokumentasjon
- ✓ Tidligere planlegging fører til mer effektiv bruk av materialer – mindre *waste*.
- ✓ Mer samsvar i forhold til tidsbruk
- ✓ Mer forutsigbart utfall
- ✓ Digital bygningsmodell i forhold til FDV.

7.7 IP – INVOLVERENDE PLANLEGGING

IP er Veidekke sitt eget konsept hvor blant annet Lean-filosofi og The Last Planner System™ er tilpasset det norske markedet. IP har med hell vært anvendt i produksjonsprosessen, men er nå ønskelig å implementeres i prosjekteringsprosessen.

Foreløpig finnes det ikke noen manual eller standardisering hva gjelder involverende planlegging i prosjektering. Veidekke har allikevel, som en begynnelse, et faktaark med navn Involverende Prosjektering. Det er enda ingen tydelig profil på hva dette innebærer, eller om hva konseptet skal kalles. Faktaarket tar utgangspunktet i en hindringsanalyse og kommentarer til Figur 4(Figur 28)



Figur 28: Tidsbruk i prosjektering

Et betydelig andel av tidsbruken i prosjektering omfatter informasjonshåndtering. Ved å skape en god arena der informasjon som håndteres og flyter på en mer effektiv måte, klarer man å redusere den store andelen av *waste*. Faktaarket kommenterer at tiden brukt på planlegging av prosjektering, og utførelse av prosjektering er absolutt nødvendig. Gjennom integrert og involverende prosjektering er målet å redusere de 58 %, slik at de øvrige aktivitetene øker i tidsmessig omfang. Det listes også opp noen grunnleggende prinsipper som er nødvendig ved involverende prosjektering:

- ✓ En gradvis reduksjon av restusikkerhet fram mot utførelse
- ✓ Et plansystem, en møte- og beslutningsstruktur som håndterer forholdet mellom kreative prosesser og framdrift
- ✓ Beslutningsplaner som er en integrert del av prosjekteringsprosessen

- ✓ Felles elementbasert informasjonsutveksling
- ✓ Systematisk hindringsanalyse (6 forutsetninger)
- ✓ At alle deltar i planleggingen av egen hverdag

Under følger en figur som visualiserer hvilke elementer Involverende Prosjektering tar for seg, og er også hentet fra det samme faktaarket:



Figur 29: Involverende prosjektering

7.8 ICE – INTEGRATED CONCURRENT ENGINEERING

VDC bringer en rekke aktører sammen. Denne samlingen er det nødvendig å utnytte slik at man får høy effektivitet i møtene man har. Med ICE-prosjektering menes en integrert tilnærming med fokus på involvering og verdiskapende samspill. ICE-prosessene krever en rekke moderne og tekniske utstyr, og kan ved første vurdering virke dyrt. Som en engangssum er det også dyrt, men ser man den økonomiske prisen i forhold til hvilke besparelser ICE medfører i fremtiden er det en smart og gunstig investering. (Chachere, Kunz, og Levitt 2004)

ICE ble først utviklet av NASA som ønsket å spare penger på prosjektering av romskip. Byggebransjen ønsker nå en tilsvarende besparelse av prosjekteringsprosessen, og ICE kan se ut som faktoren som tillater dette. Med et iRoom (eller BigRoom) som base,

samles alle aktører til en involverende prosess hvor beslutninger tas og informasjonsutveksling foregår. I et iRoom er det god plass til aktører og deres PC-er, disse PC-ene kan kobles opp mot to eller flere projektorer. Skjermene, som er belyst av projektorene, kan tegnes og skrives på. Det som blir skrevet på skjermen, blir lagret og vises på den filen/tegningen som er på skjermen. Dette er en fin måte å visualisere hva man tenker til de andre aktørene. (Chachere, Kunz, og Levitt 2004)

Som en del av planleggingen av prosjekteringsprosessen, er hindringsanalysen vesentlig for å kunne avdekke fremtidige hindringer. Tabell 17 knytter de seks forutsetningene som ligger til grunn for hindringsanalysen opp mot hvilke løsninger ICE har.

SEKS FORUTSETNINGER	ICE-LØSNING
Relaterte Prosjekteringsoppgaver	Gjennomtenkt nedbrytning av aktiviteter til underaktiviteter, opplæring av prosjekterende, behov for egnede programmer.
Forventninger og krav	Egnede modellerings- og analyseverktøy. PC til hver deltager. Interaktive tavler. Kultur for åpenhet. Diskutere mål og prosjekteringsprosess innledningsvis. Oppstartsmøte. Sikre forståelse og lojalitet til mål og måleverdier, kultur for felles mål.
Dialog	Samlokalisering, skjermer for framvisning.
Beslutninger	Sesjoner for prosjekteringsområder med høyt grensesnitt/mange avhengigheter med samlokalisering. Håndplukke deltagere. Nødvendig opplæring av deltagere i modellering, analyse, bruk av andres modeller og samarbeid. En fasilitator, hver deltager beslutningsdyktig,
Bemanning	Ledelses støtte for fokus; korte møter, dedikere alle deltagere under møter. ICE-

	<p>møter der deltagere er samlet med fast agenda og mål for møtene.</p> <p>Ekskluder områder med høy usikkerhet eller kompleksitet som krever overordnede beslutninger. Deltagere må være beslutningsdyktige. Kultur for uavhengighet. Analyser og beslutninger tilgjengelig for alle.</p>
<p>Metoder og verktøy</p>	<p>Modellering, visualisering, analyse og beslutninger støtteverktøy støtter den kritiske linjen av aktiviteter.</p> <p>Planlegge i forkant, sette opp agenda. Kultur for uavhengighet, visualisering og tilgjengeliggjøring av analyser og beslutninger.</p> <p>Gjennomtenkt design av prosjektets oppbygging, enkel POP-database for å definere konseptuelle enhetsnavn, referanser til verdier lagret i databasene til de forskjellige programmene som brukes.</p> <p>Delt database bruker POP-format designet og forstått av prosjektets deltagere. Tilgjengelig for de mest kritiske elementene og analyseprogrammene.</p>

Tabell 17: ICE-tilnærming på hindringsanalyse

Tabell 18 viser kritiske faktorer ved prosjekteringsprosessen, og hvordan ICE bidrar med å løse og håndtere de. Den viser også suksesskriteriene og risikofaktorene ved de kritiske faktorene. Tabellen er hentet fra Veidekke sin interne BIM-manual (v.1.2), en engelsk versjon finnes i Kunz og Fischer (2009).

Kritisk faktor	Suksesskriterie	Risikofaktor	ICE-løsning
Fokus fra prosjekteringsteam	100 % tilgjengelig under møter: Deltagere fokuserer kun på prosjektet under møter	Prosjekterende har andre oppgaver under møter	Ledelses støtte for fokus; korte møter, dedikere alle deltagere under møter, ICE-møter der deltagere er samlet med fast agenda og mål for møtene
Disiplinsesifikk modellering. Visualisering Verktøy	Strategisk: Balansert slik at all potensiell modellering og analyseoppgaver er raske	Manuell prosjektering, flaskehals for framdrift. En deltager forstår ikke modellen til en annen	Modellering, visualisering, analyse og beslutninger. Støtteverktøy støtter den kritiske linjen av aktiviteter.
Informasjon Valg av deltager og kompetanse	Lukket: Alle aktiviteter, nødvendig kompetanse, prosedyrer, alternativer og myndighet er tilgjengelig	Forsinkelse for å få tilgang til prosjektert materiale eller beslutninger	Sesjoner for prosjekteringsområde r med høyt grensesnitt/mange avhengigheter med samlokalisering. Håndplukke deltagere. Nødvendig opplæring av deltagere i modellering, analyse, bruk av andres modeller og samarbeid
Kommunikasjon Informasjonsberiking og troverdighet av informasjon	Korrekt: Modeller beriket med riktig informasjon på riktige objekter. Tilgjengelige og integrerbare	Tregt å beskrive modeller, forklare begrunnelse, evaluere valg, gjøre vurderinger og fremme alternativer	Egnede modellerings- og analyseverktøy. PC til hver deltager. Interaktive tavler.

	modeller. Flerfaglig, funksjonelle krav, prosjekterte valg og vurderinger av resultat		
Uavhengighet fra ledelse	Høy: Kunne gjøre prosjekteringsarbeid med minimalt behov for ledelse. Beslutningsdyktige deltakere.	Deltagere søker eller avventer beslutninger fra overordnede	Ekkluderer områder med høy usikkerhet eller kompleksitet som krever overordnede beslutninger. Deltagere må være beslutningsdyktige. Kultur for uavhengighet. Analyser og beslutninger tilgjengelig for alle.
Organisasjonshierarki	Flat: Frihet under ansvar, deltagere må ha klart mandat for beslutninger innenfor agenda for møtet	Beslutningsprosesser forsinkes	En fasilitator, hver deltager beslutningsdyktig
Omforente mål	Høy grad: Deltagere jobber for prosjektets mål. Forpliktelse til prosjektets suksesskriterier over funksjonell optimalisering	Diskusjon om prosess, ubesluttsomhet, mye dobbeltarbeid og ting som må revideres. Skjulte agendaer.	Kultur for åpenhet. Diskutere mål og prosjekteringsprosess innledningsvis. Oppstartsmøte. Sikre forståelse og lojalitet til mål og måleverdier, kultur for felles mål.
Prosessbeskrivelse	God: Prosedyrer og mål er forstått og akseptert	Lange diskusjoner om prosess og prioriteringer	Planlegge i forkant, sette opp agenda. Kultur for

			uavhengighet, visualisering og tilgjengeliggjøring av analyser og beslutninger
Integrerte konseptuelle modeller	Semantisk korrekt: De forskjellige modellene konsistente i navngiving og detaljeringsnivå, data lagret kun ett sted, men tilgjengelig for alle relevante modeller synlig for alle deltagere	Liten fleksibilitet, grov eller forvirrende	Gjennomtenkt design av prosjektets oppbygging, enkel POP-database for å definere konseptuelle enhetsnavn, referanser til verdier lagret i databasene til de forskjellige programmene som brukes
Topologi for deltageres nettverk	Gruppebasert: Deltagere løser problemer i små selv etablerte grupper	Formelle eller lite fleksible krav til koordinering	Samlokalisering, skjerm for framvisning
Topologi for dataprogrammer	Scale2-free nettverk: Programmer har tilgang til felles database, databasen svært relevant sentral i nettverket	Inkonsekvent struktur, ikke bruk av felles definisjoner og detaljering, manglende data, deltagere eller programmer som ikke forstår eller kan bruke prosjektets delte modell	Delt database bruker POP-format designet og forstått av prosjektet deltagere. Tilgjengelig for de mest kritiske objektene og analyseprogrammene
Deloppgaver i prosjektering	Mindre enn 10 minutter: Deltagere	Vesentlig innsats nødvendig for å	Gjennomtenkt nedbryting av

bryter ned sine aktiviteter til mindre oppgaver med kort varighet slik at de kan stille spørsmål som kan besvares enkelt, noe som minimerer varigheten av potensielt gjenarbeid.	bryte ned aktiviteter på et fornuftig vis fra tradisjonell praksis	aktiviteter til underaktiviteter, opplæring av prosjekterende, behov for egnede programmer
--	--	--

Tabell 18: Fordeler med ICE

Bruken av ICE medfører et potensial for forbedring. Tabell 19 viser relevante ytelsesfaktorer knyttet opp mot den typiske praksisen i 2005 og potensial for forbedring knyttet til implementering av ICE-prosesser.

Ytelsesfaktor	Praksis i 2005	Potensial med ICE
Samsvar mellom realitet og tidsplan	Ofte ikke målt, men vanligvis mindre enn 70 %	Større enn 95 % av alle aktiviteter er ferdigstilt innenfor en dag basert på planlagte start/avslutning
Ventetid på avgjørelser	Fra 2 dager i et godt prosjekt til en måned eller mer i de fleste prosjekt; høy varians	Mindre enn 2 minutter i kritisk prosjektering
Møte-effektivitet	Ikke målt, men generelt ikke høyt; høy varians	Mer enn 90 % av aktørene mener møtene er effektive og meningsfulle
Treg respons	Samme som over	Samme som over
Aktørinvolvering	Ingen formell definisjon på begrepet. Høy varians.	90 % av aktørene mener deres egen involvering har vært betydelig i forhold til store aktiviteter
Kostnadssamsvar	Lite målt, ofte mindre enn 90 % samsvar	Større enn 95 %

Mengde gjenarbeid	Signifikant, sjelden målt	Ingen gjenarbeider, men verdiskapende iterering i prosjektering
Levering av materiale	Som oftest mye mindre enn 80 %	Større enn 95 %
Modellsamsvar i forhold til bygging	Ikke formelt målt, trolig lav	Ingen uoverensstemmelser

Tabell 19: Potensial ved bruk av ICE

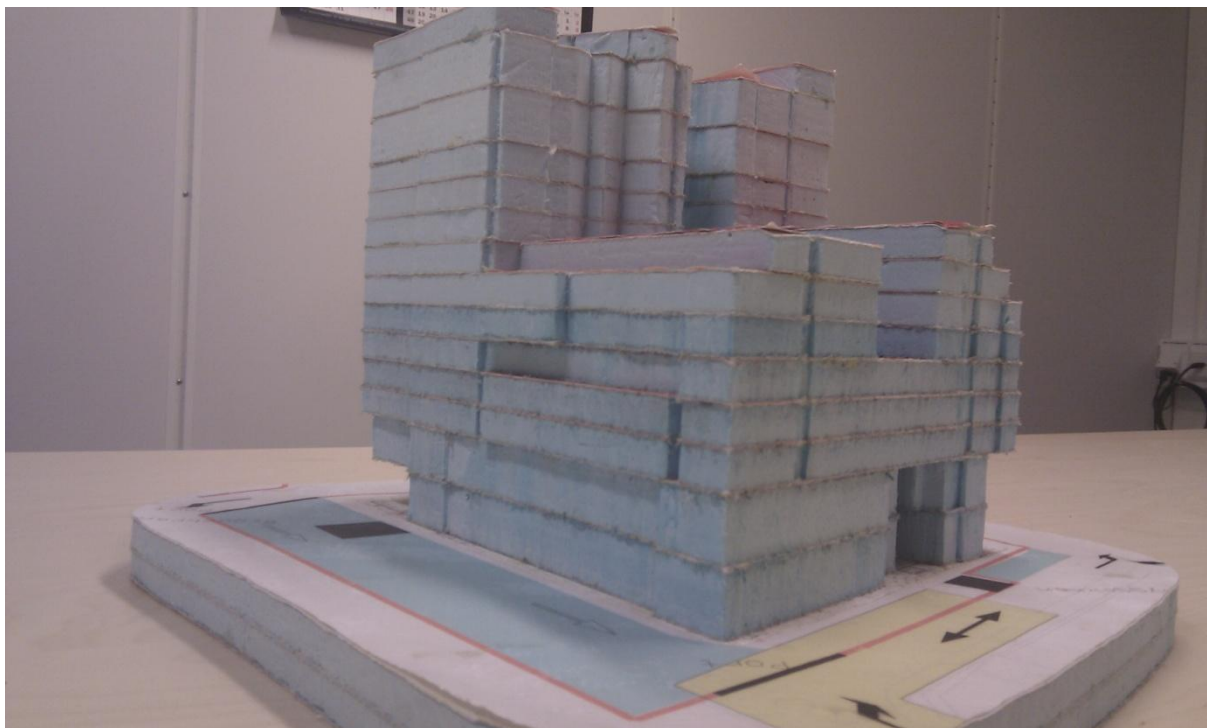
8 ERFARINGER FRA ØRNEHOTELL

Erfaringer på bakgrunn av observasjon av en rekke prosjekteringsmøter fra prosjektet Ørnen Hotell, presenteres i dette kapittelet.

8.1 BAKGRUNN

Ørnen Hotell er et moderne hotell som bygges sentralt i Bergen sentrum. Utviklingen og prosjekteringen startet høsten 2010. Veidekke sto for utviklingen og arkitektkonkurransen. Arkitekten kom inn i prosjektet i mars 2011. Hotellet skal ferdigstilles i vår/sommer 2014., og det vil foregå parallell prosjektering og produksjon. Prosjektet er gjennomført som en totalentreprise, der Veidekke har ansvar for både prosjektering og produksjon. Dette forenkler prosessen i sin helhet på grunn av integrering av prosjekterings- og produksjonsprosessen.

Figur 30 viser hvordan Ørnen Hotell fremstår som modell to år før fullføring av prosjektet:



Figur 30: Fysisk miniatyrmmodell av Ørnen Hotell(Veidekke/Niels Torp AS Arkitekter)

Modellen er produsert på bakgrunn av kreative og mentale prosesser mellom de involverte aktørene i prosjektet, og fungerer som en viktig brikke i visualiseringen av det fremtidige bygget. Ved å visualisere på denne måten oppnår aktørene en større helhetlig forståelse av hvordan bygget henger sammen, og hvordan deres fagfelt spiller inn i helheten.

8.2 OBSERVASJON AV MØTER

Prosjekteringsmøtene som avholdes annenhver uke har til formål å koordinere de ulike aktørers arbeid opp mot hverandre, og er et viktig element i prosjekteringen. Prosjekteringsmøtene fremstår som særs elementære og viktige for å kunne opprettholde flyten og kontrollen i prosjekteringen. Et typisk antall personer i møtene er i overkant av 10 stykker fra ulike fagfelt, hvor disse er representert:

- ✓ RIB
- ✓ RIE
- ✓ Sprinkleringeniørfirma
- ✓ RIV
- ✓ Prosjekteringsgruppeleder og prosjektleder (3 stk.)
- ✓ Byggherre
- ✓ Rørlegger
- ✓ Ventilasjon
- ✓ Arkitekt

Møtene avholdes annenhver uke. De to første møtene ble avholdt på et tradisjonelt møterom på hovedkontoret til Veidekke Entreprenør distrikt Bergen, mens resterende ble avholdt på brakkeriggen i mer moderne fasiliteter med projektorer og *smart boards*. Møtene starter 08.30 om morgenen, og avhengig av agendaen avsluttes møtet mellom 12.00 og 15.00. I noen tilfeller har ikke alle aktører deltatt i møtet etter lunsj på grunn av behov og kapasitet.

Hotellet som prosjekteres er et komplekst prosjekt der man har *presset* inn en ekstra etasje på bekostning av himlingshøyden i de 13. etasjene. Som et resultat av denne operasjonen oppstår det et behov for tettere og mer omfattende kontrollering av prosjektering utført av de enkelte aktørene. Dette medfører at krasjkontrollering i 3D-modellen er svært aktuelt, og høyst nødvendig for den kontinuerlige kvalitetssikring av prosjekteringen.

Møtene var innledningsvis preget av en mer tradisjonell tilnærming. Når detaljer og arbeidstegninger diskuteres samles alle ofte rundt arkitekten som stiller med de fleste tegninger. Disse tegningene er i et stort format og brettes utover et stort areal. Endringer og kommentarer blir tegnet og skrevet på tegningene, og blir forhåpentligvis plukket opp ved en senere anledning av den det gjelder.

Allerede på det første møtet observeres og forstås essensielle flaskehalsar i prosjekteringsprosessen. All informasjon som utarbeides og genereres i prosessen har til hensikt å ebbe ut i et beslutningsgrunnlag for byggherren og bygningsmyndigheter (Hansen 2008b). Dette beslutningsgrunnlaget dokumenteres i form av arbeidstegninger som underveis i prosessen utbedres. En tegning fra en aktør, vil ligge som underlag for tegninger en annen aktør skal produsere. På denne måten er tegningproduksjonen et sett av aktiviteter med ulike avhengigheter. Med avhengigheter oppstår flaskehalsar som kan påvirke flyten i prosjekteringsprosessen. Når en situasjon der tegninger har blitt forsinket eller lignende, fremstår det som frustrerende for de aktører som er påvirket av denne heftelsen og man opplever at man står på stedet hvil og spinner.

Underveis i møtene oppstår det et naturlig behov for direkte særmøter mellom enkelte fagene aktørene representerer. Dessverre kan det virke som om dette behovet blir for sterkt representert i noen prosjekteringsmøter, og overkjører den planlagte agendaen. Diskusjonene som ofte går på detaljer, er svært nødvendige at gjennomgås og kan være oppklarende, men diskusjon rundt enkeltdetaljer kan være en tålmodighetsprøve og være svært frustrerende for aktørene som punktene ikke direkte angår. Møtene bærer preg av mye snakk om tekniske detaljer som typisk inkluderer grensesnitt som arkitekten og rådgivende ingeniør i bygg har ansvaret for. Disse diskusjonene tar tid, og fører til at møtet forskyver seg over et lengre tidsperspektiv enn planlagt.

Kommunikasjon er en suksessfaktor i prosjekteringsprosessen. Det er mange aktører som skal kommunisere både på tvers av og gjennom hverandre. En hindring som ved flere anledninger oppsto, skjedde på grunnlag av hvordan man valgte å kommunisere. Bruk av e-post som kommunikasjonsmiddel var populært, men ueffektivt når mottaker ikke responderer på henvendelsen. I den vanlige hverdag erfarer de fleste aktører å få mange meldinger over e-post. Håndtering av informasjon var derfor en faktor som forsinket bruk av ressurser på andre aktiviteter.

Da møtene skiftet møtested, ble innslaget av ICE-elementer tydeligere. To smartboards som tillot markering og tegning direkte på storskjerm viste seg å være en effektiv måte å visualisere og endre tegninger på. Arbeidstegningene og de ulike planene ble vist på storskjerm i plenum. Dette bidro til økt involvering av aktørene. Endringer, både i planer og tegninger, ble gjort umiddelbart. Det vil si at det ble notert på tegningene hvilke endringer som skulle gjøres. Dette gjør at den ansvarlig for tegningen har notert på selve tegning hva som skal endres.

En tydeligere struktur på møtene observeres som nødvendig, ettersom det ofte ble tatt opp interessante temaer som ikke nødvendig var like relevant for den fasen man var i. En agenda som tydelig sier hva man holder med, og en leder som styrer møtene i en verdiskapende retning. Dersom ikke-relevante temaer ble tatt opp er man nødt til å komme seg videre til den tiltenkte aktiviteten.

8.3 FORBEDRINGSPOTENSIALE

Dette delkapittelet er utarbeidet på bakgrunn av dialog med prosjekteringslederne på Ørnen Hotell gjennom vårsemesteret 2012. Som relativt uerfaren på området har det vært avgjørende for forståelsen av hva prosessen innebærer, med en god dialog med de ansvarlige for prosjekteringen. Kapittelet tar for seg utfordringer og forbedringspotensial i dagens gjennomføringsstrategi.

De tekniske rådgiverne var i utgangspunktet positiv til ICE-møter, og så nytten av å avholde de, men da det ble spurt om de ville gjennomføre det i dette prosjektet var det ingen som ville. Årsaken til dette er det økonomiske aspektet. De rådgivende aktørene har allerede levert en pris på prosjektet, og har ikke satt av penger til deltagelse på ICE-møter. Viljen er tilstede, men aktørene krever ekstra betalt for den tette og integrerte prosjekteringen.

Slik situasjonen i dette prosjektet har vært har prosjekteringslederne til tider måtte påse at samarbeid og særmøter har foregått mellom de rådgivende ingeniørene. Det har oppstått situasjoner der prosjekteringsleder har spurt om behovet for et møte har vært tilstede, hvorpå aktørene ikke har ment dette. På neste prosjekteringsmøte har det imidlertid blitt avdekket et tydelig behov for et koordineringsmøte mellom aktørene.

Det ligger et tydelig forbedringspotensial i en beslutningstaking om når man sier seg fornøyd med utviklingen av prosjektering. I teorien kan man prosjektere og utvikle prosjekteringen i det uendelige. Kreative prosesser gjennom samhandling kan foregå lenge, og man kan alltid utbedre og endre prosjekteringsmateriale. I samråd med alle aktørene er det et behov for å planlegge når prosjekteringsproduktet er ferdig utviklet. Dette må være i samsvar med hva som gir kunden verdi.

En stor utfordring i prosjekteringsprosessen er endringer. Spesielt når de kommer seint, er de en kilde til store mengder gjenarbeid. Prosjekteringsgruppen kan ha utviklet en detalj av prosjekteringsproduktet i lengre tid, hvorpå det kommer en endring som gjør at denne detaljen må gjøres om på. Dette kan skape mye frustrasjon, og forsinker prosessen i stor grad. Det vil være viktig å opprettholde fleksibilitet i prosjekteringsmaterialet, og prøve å utsette prosjekteringen i lengst mulig tid. Men venter man for lenge, vil dette også få negative effekter i form av venting og sløsing med tid. Det er viktig å finne en god balanse.

På Ørnen Hotell opereres det med beslutningsplaner og aksjonslister som på en enkel måte visualiserer leveranseforsinkelse i form av fargekoder. For eksempel representerer en rød merking av en beslutning eller tegningsleveranse at fristen er gått ut for en bestemt aktør. I utgangspunktet får dette en konsekvens for helheten, men det forstås at det oppleves som pinlig for den aktuelle aktøren å bli merket med rød. Dette er positivt, og er et bilde på at prosjekteringsgruppen fungerer som en enhet.

I et prosjekteringsmøte kan det for flere aktører oppleves som frustrerende og ikke komme til ordet på grunn av det respektive fagfeltet ikke er representert i den pågående diskusjonen. Dette kan gå lang tid før den aktuelle rådgivende ingeniøren får diskutert løsninger knyttet til sitt eget fag. Det foreligger et tydelig behov for en møtestruktur som er mer oppsplittet, der mindre aktører kan komme og gå til faste tider. De mest sentrale aktørene er derimot nødt til å være tilstede hele tiden på grunn av grensesnittet de opererer i. En for stor oppsplittelse vil ikke være gunstig, da tar man vekk verdipotensialet som ligger i diskusjonen mellom fag.

Noen av aktører er for opptatt av egne aktiviteter og tenker for lite på hvilket potensial som ligger i fellesskapet og en helhetlig tankegang. Dette innebærer at de gir for korte

frister på bakgrunn av en forventning om å få svar på en henvendelse innen denne fristen. Mye av etterspørselen er urealistisk, og kan skape frustrasjon hos andre aktører. Det erfarer og at ved å gi en aktør for mye frihet, kan dette føre til at prosjekteringsmaterialet er under stadig utvikling. Det vil si at endringer kan komme fortløpende, noe som genererer gjenarbeid.

ICE bygger på teorien om et fellesskap der åpenhet og felles mål er representert i stor grad. IP oppfordrer til inkludering av alle aktører, og planlegging av aktiviteter av den som skal utføre de. VDC, som inkluderer begge de overnevnte elementene, er et konsept som i følge prosjekteringslederne vil være vellykket. Med komplekse prosjekt er det essensielt at alle spiller på samme lag. I tillegg er det viktig å være tydelig i kommunikasjon for å sørge for at det korrekte blir kommunisert og oppfattet. Det er viktig å kalle en spade for en spade, uten å starte krangler og kjefting. Dette gagnar ingen.

For å få med aktørene på ICE-prosjektering mener prosjekteringslederne at det er nødvendig med en kontrakt der dette er beskrevet. Entreprenøren sier at prosjekteringen vil foregå med ICE-teknikker, noe som medfører at de rådgivende ingeniørene inkluderer dette i tilbudet. Dette er noe som mest sannsynlig vil skje i fremtiden. På forhånd av prosjektet undertegnes en *avtale om solidarisk ansvar* av alle involverte aktører. Denne avtale fordeler ansvar og legger retningslinjer for det videre samarbeidet. Avtalene er et viktig element i å få aktørene til å jobbe sammen mot felles mål.

Mye av utfordringene ligger i samspillet mellom byggherre, leietaker og entreprenør. Kommunikasjonen kan forbedes, og det er ønske om å knytte større pålitelighet til beslutningene som tas. Store innslag av endringer vil påvirke prosjektet dårlig, for alle parter.

9 ERFARINGER FRA CITY LADE OG SKANDINAVISK VDC-TREFF

Kapittelet belyser observasjoner som ble gjort under deltagelse på et prosjekteringsmøte i Trondheim.

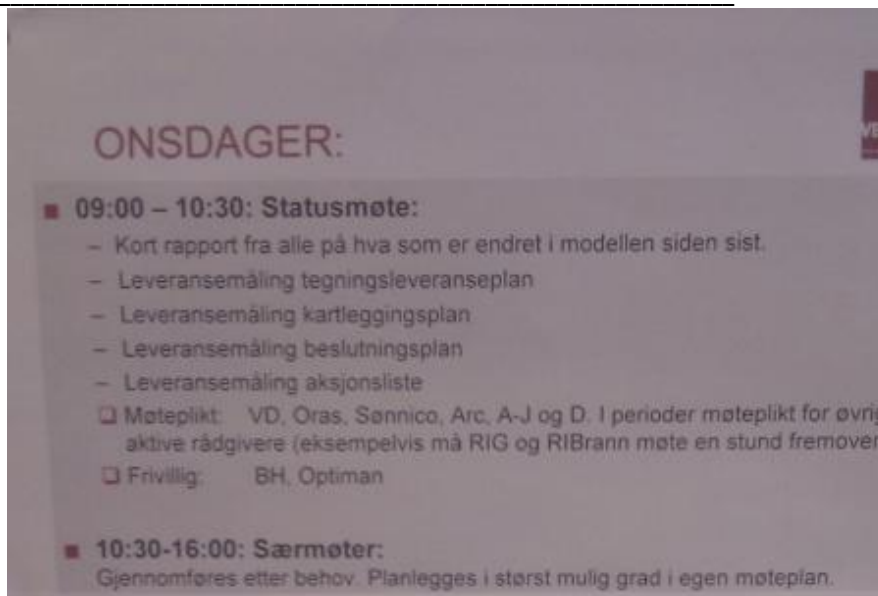
9.1 BAKGRUNN

For å kunne forstå gjennomføringen av en prosjekteringsprosess, er det nødvendig å studere et referanseprosjekt. Slik blir man vitne til andre nyanser og situasjoner, som igjen kan kaste et lys over hvordan man skal håndtere prosjekteringsprosessen. I denne oppgaven har to prosjekt blitt benyttet, med det formålet å kunne se forskjellene som også ligger fra prosjekt til prosjekt. Prosjekt nummer to heter City Lade, og er et kjøpesenter i Trondheim som Veidekke har ansvar for å bygge om. Kontraktsummen er på 342 millioner kr eks. mva, og er Veidekke sin til nå største kontrakt i Trondheim (Adresseavisen 2012).

Med over 70 nye butikker som skal etableres, er det tydelig at det er mange brukere som vil ha en finger med i prosjekteringsprosessen. Det er mange krav å ta hensyn til, noe som bidrar til en økt kompleksitet av prosjektet. Veidekke ble valgt som entreprenør i 2008, og det er altså gått fire år før grunnarbeidet startet i mars 2012. Dette vitner om en lang prosjekteringsprosess der en rekke bestemmelser og avgjørelser er blitt tatt.

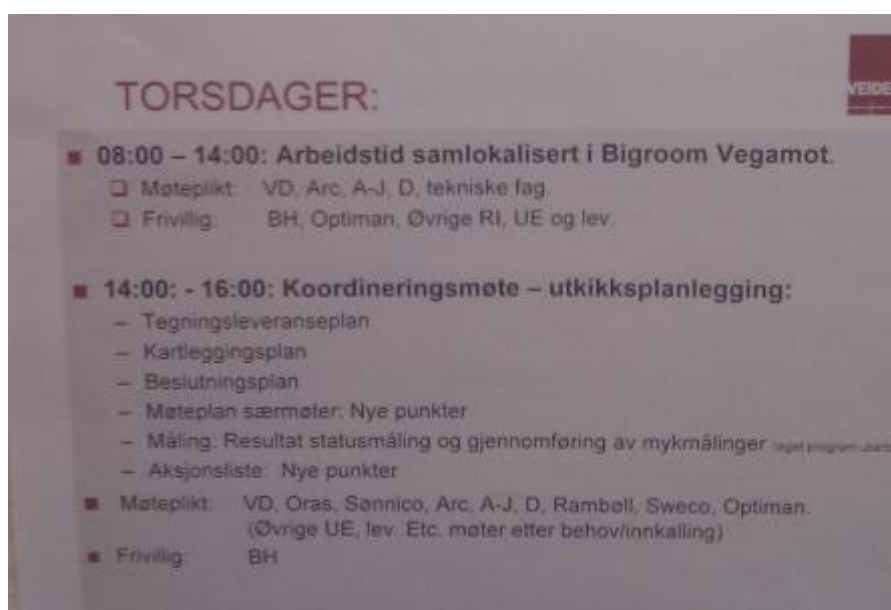
9.2 STRUKTURERING AV PROSJEKTERINGSMØTET

Prosessene foregikk på en mer moderne måte enn hva den gjør på Ørnen Hotell i Bergen har. Moderniteten er i hovedsak representert gjennom større grad av ICE-prosjektering. Observasjonene som ble gjort under deltagelse på prosjekteringsmøtet i Trondheim, hadde fokus på bruken av elementer fra teorien om ICE. Det er satt av to dager (onsdag og torsdag) der aktørene møtes for å jobbe seg gjennom en gitt agenda. Figur 31 og Figur 32 viser hvordan agendaen for de to dagene ser ut.



Figur 31: Agenda onsdager, City Lade

Onsdagen starter med et statusmøte der man går gjennom et antall planer i fellesskap. På denne måten får alle aktører en oversikt over hvordan det står til med flyten og utviklingen av prosjektet. Det er fastsatt hvilke aktører som har møteplikt, og hvilke aktører som kan delta på frivillig basis. Denne korte (1,5 time) seansen avløses så av en mindre strukturert møteform. Ved behov avholder aktørene særmøter seg i mellom for avklaring og diskusjon om tegningsdetaljer eller annet. Dette er møter som i stor grad arrangeres av aktørene på eget initiativ.



Figur 32: Agenda torsdager, City Lade

Torsdagene har jevnt over en mer rigid form, der de første seks timene gikk med til en strukturert gjennomgang av bestemmelser som trengte en avklaring. Møtet ble styrt av en klar og tydelig prosjekteringsleder som hadde fokus på verdiskapende diskusjoner. Antydninger til avsporinger i forhold til hvilken avgjørelse som skulle tas, ble den aktøren det gjaldt ledet tilbake til essensen av diskusjonen. Dette viste seg å være nyttig for å opprettholde en god flyt i møtet.

9.3ERFARINGER OG OBSERVASJONER

Det er færre personer i rommet, og det er kun de nødvendige som deltar. Aktørene kommer og går i henhold til en gitt agenda, og det legges til rette for egne særmøter mellom fagene i et eget møterom i umiddelbar nærhet.



Figur 33: ICE-prosjektering © Espen K. Jordheim, NTNU/Veidekke

En kommentar: "Det er folksomt her" ble uttrykt da vi var totalt 13 personer under et møte. Disse 13 inkluderer tre observerende. Dette antallet er vanlig praksis i Bergen. Det fremstår som ueffektivt når så mange overværer et prosjekteringsmøte samtidig.

I Trondheim stjeler særmøter tid fra avklaringer som skal besvares og beslutninger som skal tas. I Bergen opplever de det motsatt at særmøtene er svært viktige og avklarende i forhold til de utfordringene man har. Det forstås dermed at optimal grad av særmøter er varierende, men som oftest handler det om å finne den riktige balansen.

I følge prosjekteringsleder på prosjektet har de prosjekterende aktører en tendens til å stoppe opp når iterative *looper* oppstår. Slike iterative *looper* handler mye om informasjonshåndtering, og det å hente ut informasjonen når man trenger det. En mulig forklaring på den oppstoppelsen er at aktørene ikke er så vant med *pull-teknikker*, og avventer heller å bli foret med informasjon når utfordringer forekommer.

Fra prosjekteringslederen kom det også frem at innarbeiding av Lean-prinsipper krever rutiner. Dette medfører et behov om å jobbe med de samme rådgiverne gang på gang.

9.1 SKANDINAVISK VDC-TREFF

Sammen med prosjekteringsledere fra Ørnen Hotell, fikk forfatteren av denne oppgaven delta på skandinavisk VDC-treff. Treffet var det først av sin type, og hadde som formål å dele erfaringer om bruken av VDC i praksis i Norge, Sverige og Danmark. Det var stor forespørsel om deltagelse på treffet, men siden dette var første gang var antall deltagere begrenset til rundt 70 personer. Arrangøren mente at man kunne invitert minst det dobbelte. Treffet var en suksess, og kommer til å bli arrangert med jevne mellomrom – spesielt nå som VDC er i en startfase.



Figur 34: VDC-treff; © Fredrik Wincent, Veidekke

10DRØFTING OG RESULTAT

Drøftingskapitlet tar for seg en grunnleggende besvarelse av de fire forskningsspørsmålene definert i innledningskapitlet. Besvarelsen vil ligge til grunn for forståelsen av masteroppgavens hovedformål. En konklusjon og anbefalinger for videre arbeid avslutter kapitlet.

10.1 FORSKNINGSSPØRSMÅL 1

Hvor ligger forbedringspotensialet i dagens gjennomføringsmetodikk med tanke på samarbeid og interaksjoner mellom fagene?

Der prosjektering tidligere primært har handlet om omforming av krav til produkt, vil det i fremtiden være hensiktsmessig i tillegg å ha fokus på informasjonsflyt og verdigenerering. Det behøves en forståelse for hva disse konseptene innebærer, og hvordan man kan utnytte og tilpasse aktivitetene i prosessen til dem.

Gjennom deltagelse på prosjekteringsmøter observeres det at tiden går fort, uten at tiden som brukes oppleves som direkte produktiv. Ueffektivitet og aktiviteter som for noen aktører oppfattes som *waste* er faktorer som absolutt er tilstede. Det vil være viktig å opprette et miljø hvor aktører tilfører verdi til prosjektet, og hvor hver og enkelt kan bidra til fremdrift i prosessen. I tillegg resulterer ofte diskusjoner i en konklusjon om at "vi må se nærmere på saken" eller "vi har ikke tilstrekkelig informasjonsgrunnlag til å ta en avgjørelse akkurat nå". En konklusjon som virker riktig, men som da har kommet på bekostning av en diskusjon mellom 2-3 aktører i prosjekteringsgruppen, og som har opptatt 10-15 minutter av prosjekteringsmøtet. Konklusjonen har ikke direkte resultert i noen verdiskapning, men en oppklaring i at en beslutning ikke kan tas på nåværende tidspunkt. Denne konklusjonen kan jo i seg selv være nyttig, men det er mulig at konklusjonen kunne vært tatt i et annet forum. En bedre strukturering av møtene, med en tydelig leder som hindrer avsporing og ikke-verdiskapende aktiviteter vil være viktig. På denne måten bidrar man til å legge til rette for sunne og verdiskapende aktiviteter mellom aktørene. Det kan være nyttig å etablere en agenda der man har fokus på utbytte for aktørene, og bidraget fra aktører. Det er ikke gunstig at den prosjekterende av et lite fagfelt, for eksempel branningeniør eller sprinklerringeniør, må pine seg

gjennom timer med urelevante diskusjoner som omhandler fagfelt før det er hans tur til å presentere sine punkter. En god struktur med en god møteagenda vil bidra til effektive møter med aktører som involveres i større grad.

I de observerte møtene på Ørnen Hotell har det vært svært mange aktører representert. Møterommet som ble benyttet i begynnelsen av året bar preg av å ha dårlig klima og dårlig plass. Mange aktører samlet seg rundt et ovalt bord, der de mest sentrale aktørene satt på midten. I rommet var det en projektor med en tilhørende skjerm, koblet til en datamaskin som prosjekteringslederen kontrollerte. Det oppsto praktiske problem som tydelig påvirket samhandlingen mellom aktørene. Skjermen ble ikke brukt ved gjennomgang av tegninger, i stedet ble store arbeidstegninger brettet ut på bordet, hvorpå forslag om endringer ble diskutert verbalt. Noe av diskusjonen foregikk på tegningen, men en 2D-tegning kan være vanskelig å forstå. Erfaringsmessig var det også vanskelig å forklare til andre hva man mente, gjennom å peke på tegningen. Aktørene måtte ofte reise seg, og gå rundt bordet for å vise de andre hva man mente. Bedre visualisering vil bidra til at aktørene har en felles forståelse for produktet og et bedre utgangspunkt å skape kreativ diskusjon rundt prosjektering av produktet. Visualisering på projektor vil i tillegg løse noen praktiske problem, som igjen fører til mer effektiv tidsbruk.

For noen av de mindre aktørene, kunne det gå timer før temaer som angikk disse ble tatt opp. De fleste aktører har flere prosjekt å konsentrere seg om, så det å bruke dyrebar tid på venting er ikke optimalt. Denne frustrasjonen kan bli tatt med videre, og påvirke samarbeidet i prosjekteringsgruppen. Gjøre møtene mer effektive for alle aktører.

Tidlig i semesteret lå det et tydelig behov for oppdeling av prosjekteringsmøtene, og endring av strukturen på dem og innføring av flere særmøter. Innføring av særmøter viste seg å være et riktig valg, som etablerte et tydeligere og mer relevant forum hvor prosjekteringssymbiosen kunne utspille seg. Det kan forstås som viktig og ha kunnskap om hvordan man skal organisere prosessen, og hvordan man velger å inkludere aktørene.

Prosjektering er en aktivitet som krever kreativitet for å skape et produkt som gir maksimal verdi til kunden. Forståelse av hva kreativitet er, og hvordan man planlegger for å utnytte kreativitet vil være viktig for hvilken verdi sluttproduktet skal gi.

Det er en konflikt mellom det å ha en plan som definerer prosessen i for stor detalj, og det at hvert prosjekt er unikt. I store trekk kan man overføre erfaringer, men det kan være farlig å gjøre dette i for stor grad ettersom vært eneste prosjekt har sine egne utfordringer. For fremtiden vil det dermed være viktig å vite å kjenne aktivitetene bedre, og vite hva man skal planlegge og hvordan man skal planlegge.

Med en større utbredelse av digitale verktøy er det viktig at man kan bruke disse og utnytte styrkene med dem 3D-modellering er stadig mer vanlig, og det er viktig at alle aktørene kan bruke verktøyene for å lage modellene.

Oppsummert er forbedringspotensialet, når det kommer til interaksjon mellom aktørene, følgende:

- ✓ Effektivisering av møter
 - Strukturering av møter
 - Visualisering på projektor
- ✓ Effektivisering av prosessen
 - Planlegge riktig
- ✓ Forstå de ulike konseptene, og hva de innebærer.
 - Bruke, og utnytte de
- ✓ Forstå, og tilrettelegge for kreativitet
- ✓ Bruk av moderne verktøy og utstyr.

10.2 FORSKNINGSSPØRSMÅL 2

I hvilken grad kan Involverende Planlegging og Lean-teori ha en positiv effekt på struktureringen og gjennomføringen av prosjekteringsprosessen?

Lean krever en fundamental endring hos deltagerne i et prosjekt. Som totalentreprenør har Veidekke ofte et ansvar for både prosjektering og produksjon noe som fører til at Veidekkes egne folk, innleide rådgivere og leverandører fra tidligere har kjennskap til

Lean-filosofi gjennom Involverende Planlegging. Verdiskapende samspill og involverende planlegging er to av Veidekkes kjernesaker, en god forutsetning å bygge videre på når man introduserer disse begrepene i større grad også i prosjektering.

Når det kommer til hva man bruker tid på i prosjekteringsprosessen, kommer det tydelig frem av Figur 4 at det brukes for mye tid på håndtering av informasjon. Dette ansees som *waste*, og er dermed ikke verdiskapende. Sampaio og Neto (2010) vektlegger hvilken positiv tilførsel Lean-prinsipper vil ha. Det at all aktivitet er verdiskapende, er selve essensen i Lean-filosofien, og med dette til grunn vil Lean gagne prosjekteringsprosessen godt (Tabell 8 og Tabell 10). Når det gjelder Tabell 10, Toyotas definisjon på *waste*, har Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth (2010) tilpasset disse til prosjekteringsprosessen og inkludert de i planleggingen gjennom en hindringsanalyse. Ved bruk av *de seks forutsetningene* til en hindringsanalyse, er man i samsvar med Lean-filosofi og søkeren fullstendig eliminering av *waste*. Hindringsanalysen skal luke ut fremtidig aktiviteter som ikke er verdiskapende. Ved å gjøre dette tilrettelegger man for at aktørene får en så jevn og effektiv arbeidsprosess som mulig. Aktørene har derfor fokus kun på aktiviteter som tilfører prosjektet verdi.

Med direkte kontakt med prosjekteringsprosessen gjennom deltakelse på møtene, observeres det at prosessen er svært kompleks og rollene som prosjekteringsleder krever en enorm oversikt over aktivitetene og ikke minst rekkefølgen og avhengigheten knyttet opp mot dem. Beslutninger må tas i riktig rekkefølge til riktig tidspunkt. En faktor som virker destruktivt på prosessen og de beslutningene som er tatt er endringer. Endringer kan komme blant annet i form av redefinering av krav og ønsker fra byggherre. Denne faktoren er aktuell, og må tas høyde for under planlegging. For å håndtere endringer er det nødvendig å tilføre prosjektet fleksibilitet. Ved en tilstrekkelig implementering av *The Last Planner System™* tar man høyde for dette. Systemet har fokus på faren ved å planlegge i detalj over en lengre periode, samtidig som det fokuserer på hvem som tar seg av planleggingen. Planleggingen av for eksempel en beslutningsplan bør utføres av de som skal ta seg av arbeidet beslutningen vil styre. På denne måten gjør man produksjonssystemet mer pålitelig ved å redusere variabiliteten og usikkerhet gjennom kontroll og planlegging. Fra prosjektet *City Lade*, observeres det et planhierarki som i stor grad bygger på LPS. Dette planhierarkiet benyttes med

suksess, og er også en anbefaling for fremtidig bruk. Planhierarkiet er nødvendig for å kunne ha en viss progresjon i prosessen. Prosjektering, som er en kreativ prosess med mange elementer av iterasjon, er nødt til å ha et plansystem som sikrer fremgang og bestemmer når vi er fornøyde med en rekke iterasjoner. Planhierarkiet er viktig for samspillet aktørene i mellom, på den måte at den definerer mål og milepæler som aktørene kan jobbe mot og strekke seg etter. Aktørene presses mot å utbedre prosjekteringsgrunnlag innen gitte datoer.

Prosjekteringsprosessen innehar store mengder med informasjonsutveksling. Med tradisjonell prosjektering hvor Lean-filosofien ikke i like stor grad var representert, hadde man en større tendens til å operere med *push-teknikker*. Dette innebærer at informasjon og tegninger blir skjøvet vekk fra produsenten i det tempoet produsenten selv klarer å arbeide i. Dette medfører en stor mengde overflødig informasjon som blir sendt videre uavhengig om den var til bruk for noen. I Lean-filosofi er dette en *uting* som vil føre til opphopninger av informasjon. Dette kan unngås ved å benytte seg av *pull-teknikker* der aktørene tar initiativ og drar ut den informasjonen de trenger. På denne måten er man selv ansvarlig for å skaffe til rette den informasjonen man trenger.

Som *The Construction Industry Institute* anbefaler i produksjon, vil de fem prinsippene for Lean construction også være relevante i prosjekteringsprosessen (Tabell 11). I tillegg er det samsvar med de tre andre prinsippene formulert av samme institusjon (Se kapittel 5.3.2). Disse tre sistnevnte punktene vil virkelig legge til rette for et potensial om gode resultater. Punkt nummer to sier at teamet burde settes sammen når minst 25 % av prosjekteringen er ferdig, dette vil jo ikke gjelde i prosjekteringsammenheng. Noen tallfesting på hvor tidlig teamet burde settes sammen har ikke denne oppgaven undersøkt, men i forhold til teori presentert i kapittel 6.2 vil implementeringen av integrert prosjektering være mest kostnadseffektiv jo tidligere implementering forekommer.

POP-modellen, (Kunz og Fischer 2009), forteller om en tredeling mellom produkt, prosess og organisasjon. Fra Kestle og London (2002) erfares det at også når det kommer til Lean, er det viktig å skille mellom disse. Artikkelen anbefaler at man implementerer Lean-filosofi i både organisasjonen og i prosessen. På denne måten øker

man muligheten til å ende opp med et produkt som er skapt gjennom sunne og effektive aktiviteter.

Som Freire og Alarcón (2002) nevner vil Lean-filosofi ligge til grunn, og være en døråpner for implementering av prinsipper fra læren om *Concurrent Engineering*. Forståelsen av de tre ønskelige konseptene vil vær et suksesskriterium. Anvendelse av verktøy og modeller knyttet til de ulike konseptene, vil forenkle implementering av de strategiske prinsippene som konseptene medbringer. En utfordring vil være å knytte de ulike aktivitetene opp mot hvilket konsept de hører under, og hvilken måte aktivitetene burde styres på. Litteraturstudiet har vist oss følgende:

	Prosjekteringsprogram	Produksjon	Beslutningsprosess
Aktiviteter	Kreative aktiviteter der prosjekteringsproduktet tar form.	Detaljprosjektering.	Setter en stopper for iterative prosesser, og avgjør veien videre.
Avhengigheter	I hovedsak gjensidig, men også elementer av etterfølgende og sammenslått.	Etterfølgende.	Tar utgangspunkt i en rekke aktiviteter, og tar en avgjørelse på bakgrunn av disse. Inneholder elementer fra alle typer avhengigheter.
Koordinering	Gjensidig tilpasning, men og planlegging og standardisering.	Planlegging.	Standardisering, planlegging og gjensidig tilpasning.
Strategi	Dialog, felles tilpasning. Planlegging gjennom samspill.	Samhandling, dialog og felles tilpasning.	Samspill, dialog og gjensidig tilpasning.

Tabell 20: Sammenhenger

For å skape en kultur der Lean-filosofien er rådende, er det nødvendig med standardisering av et strukturert rammeverk som er grunnleggende for prosjekteringsprosessen. Som Figur 13 tilsier bør rammeverket være bygget opp av verktøy og teknikker som fasiliterer og styrer en rekke grunnleggende strategier. Strategiene sikrer oppnåelse av effektmålene (objectives), som igjen leder til oppnåelse

av overordnede resultatmål (goals). Dette er et integrert, enhetlig rammeverk som sikrer godt samarbeidspotensial mellom aktørene. Det er fokus på nettopp samhandling, og rammeverket utnytter de positive effektene ved samarbeid og samspill.

Et av Lean sine fem grunnprinsipper handler om respekt for mennesker, noe som vil være svært relevant i prosjekteringsammenheng. For å samhandle optimalt, må man etablere et forum hvor aktører føler seg komfortable og trygge på seg selv og sine kunnskaper. I gruppesammenheng er det derfor viktig at aktørene, som skal jobbe tett på hverandre, respekterer hverandre og behandler hverandre som likemenn. Det kan høres banalt ut, men dette er noe en prosjekteringsleder må ta hensyn til. Dagens situasjon er preget av mange mistillitsforhold i bygg- og anleggsbransjen, og man er nødt til å snu denne mindre vennskaplige trenden. Det er også viktig at alle legger kortene på bordet og er ærlig når det kommer til hvilke hensikter og agendaer de har med den enkelte prosjekteringsprosess. Samhandling handler om å skape felles kultur med felles mål. En prosess der ulike aktører har ulike hovedmål som de jager etter, vil ikke være gunstig. For å få til en felles målsetting kan det være nødvendig med bruk av incentiver og bonuser dersom gruppen som enhet oppnår de avtalte og integrerte målene.

Fra Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth (2010) forstås det at det kun er i selve produksjonen av prosjekteringsmaterialet man kan anvende Lean-teori direkte fra produksjonsprosessen. For å kunne effektivisere prosjekteringsprogrammet og beslutningsprosessen må man anvende Collaborative Design Management. Denne ledelsesfilosofien fokuserer på den verdien som skapes gjennom samhandling. Konseptet, som tar utgangspunkt i Lean og LPS, karakteriseres med bruk av egne planer som inkluderer en hindringsanalyse, og ulike ledelsesprinsipper til hver av de tre fasene (definert i Bølviken, Gullbrekken, og Nyseth (2010)).

Involverende planlegging og generell Lean-teori gir en positiv effekt på følgende punkter hva angår strukturering og gjennomføring av prosjekteringsprosessen:

- ✓ Tilrettelegging av verdiskapende aktiviteter, og fjerning av ikke-verdiskapende aktiviteter
- ✓ Innføring av *The Last Planner System™*

- Tilføring av fleksibilitet til prosjektet
- God planlegging av ulike plansystem
- Beslutningsplan
- ✓ Informasjonshåndtering
 - Pull-teknikker
- ✓ Sunn og god kultur
- ✓ Oppmuntring til samspill
 - Respekt for aktører
 - Feles målsetting
- ✓ Kvalitetssikring og måling
- ✓ Verdifokus

10.3 FORSKNINGSSPØRSMÅL 3

Hvilket bidrag vil innføring av VDC og ICE-prosjektering ha på samhandlingen mellom aktørene?

I et VDC-prosjekt vil det være ønskelig å benytte aktører som har erfaring og kjennskap til VDC, av den årsak at aktørene ikke trenger å bruke tid og ressurser på å *lære* seg VDC-prinsippene. VDC baserer seg mye på åpenhet og felles mål, så det å anvende aktører man har god erfaring med fra tidligere vil i fremtiden være essensielt. Vanligvis vinnes anbudskonkurranser ut i fra lavest-pris-prinsippet, men anbud kan i fremtiden inneholde krav fra entreprenør/byggherre om at aktørene kjenner til VDC som konsept.

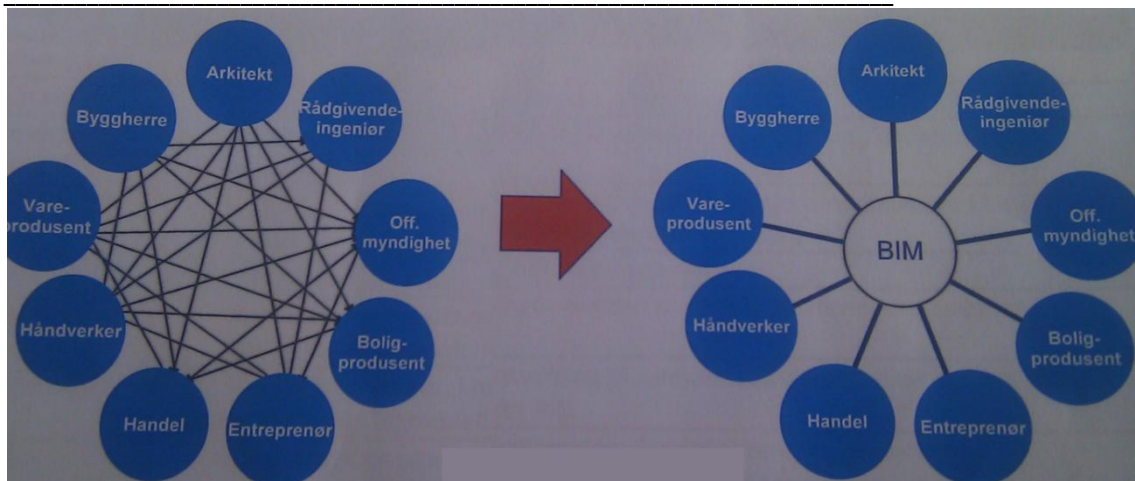
Tabell 9 kan overføres til å gjelde informasjon (noe som er gjort kapittel 6.3.2), og sier da noe om hvilken tilstand informasjon til enhver tid er i. Prosesstiden er den eneste tilstanden som gir verdiskapende aktiviteter. De andre tre tilstandene er uunnngåelige, men man ønsker å redusere omfanget av dem. Hvilke strategiske grep som må til for å få til dette, er også beskrevet i det samme kapitlet. Dette klarer man med moderne teknologiske verktøy og ICE-prosjektering. Informasjonen flyter mye bedre i en samlet gruppe. Gjennom samhandling blir aktørene knyttet tettere, noe som reduserer responstiden på for eksempel en forespørsel.

Visualisering av prosjektert materiale gir stor verdi til sluttproduktet, og bidrar til å luke ut uønskete bidrag. Disse bidragene kan det være vanskelig å oppdage uten en god og oversiktlig visualisering. VDC tilrettelegger for en mer visualiserende måte å gjennomføre prosjekteringsprosessen. Denne måten bidrar til en større forståelse av produktet, og et bedre prosjekteringsgrunnlag som aktørene kan samarbeide om. Bygningselementene representert i en prosjekteringsmodell er koblet sammen på en kompleks måte, og visualiseringen av dem vil bidra til å forstå sammensetningen av dem. I stedet for at hver aktør tolker en 2D-tegning på hver sin måte, vil en 3D/4D/5D-prosjektering føre til en felles forståelse av hvordan produktet henger sammen.

En ting som må unngås er når hver av de prosjekterende sitter på *hver sin tue* og prosjekterer. Prosjekteringsprosessen er en dynamisk og kreativ prosess hvor man har et behov for meningsutvekslinger og et kreativt miljø for å skape et så godt produkt som mulig. Kompromisser må ofte inngås, og det er viktig at det foregår en diskusjon rundt de løsningene man ender opp med. Som prosjekteringsleder må man kontinuerlig passe på at de prosjekterende samhandler med hverandre, og skaper et produkt gjennom diskusjoner og argumentasjonsrunder. Dette kan eksempelvis gjøres gjennom at man har god tillitt til de involverte, og regne med at de følger opp forespørselen om tett samhandling, eller man kan legge til rette for samhandlingen gjennom periodiske særmøter på brakkeriggen.

Alle aktører vil naturlig ønske å optimalisere prosessen for seg selv. Dette kan dessverre gå på bekostning av det endelige produktet for prosjektorganisasjonen. Fenomenet kalles suboptimalisering, og må unngås. Det er mange aktører som har egne interesser og mål for prosjektet, dette må man ha respekt for – men fokuset for alle må være oppnåelsen av et helhetlig godt produkt gjennom felles mål.

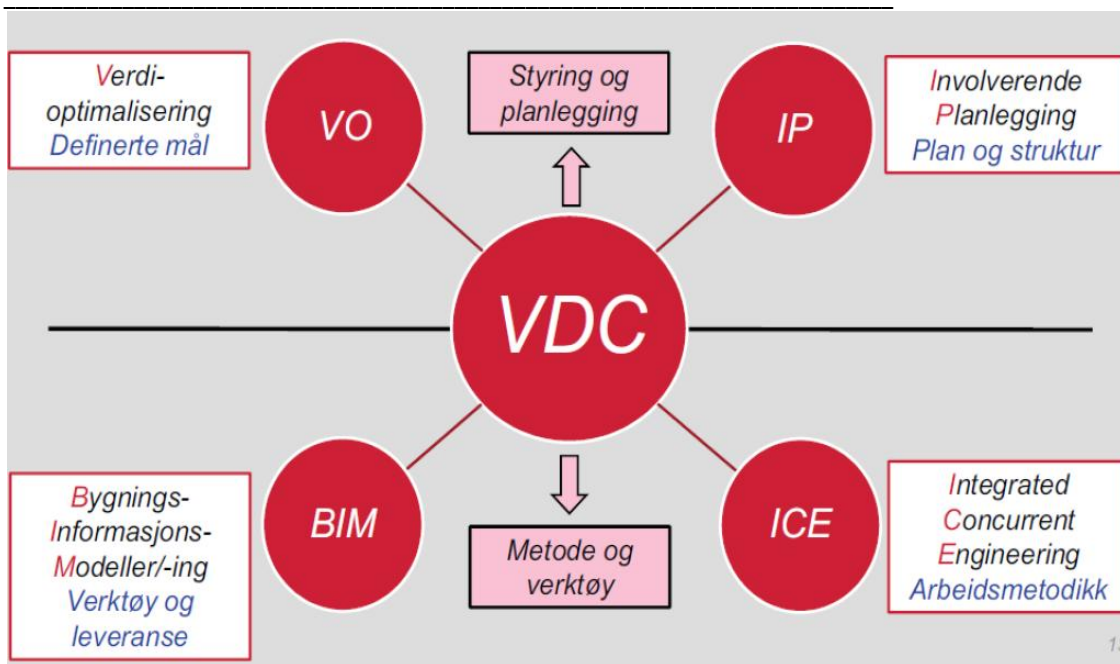
Prosjekteringsprosessen opptrer som umoderne med et stort potensial for å benytte seg av datateknologi som bidrar til økt fleksibilitet og grad av oversiktighet. Ser man på måten man tidligere har kommunisert på, kan dette representeres i henhold til Figur 5, mens moderne kommunikasjon har utviklet seg slik som Figur 35 viser, med BIM som fellesnevner.



Figur 35: Utvikling av kommunikasjonskanaler

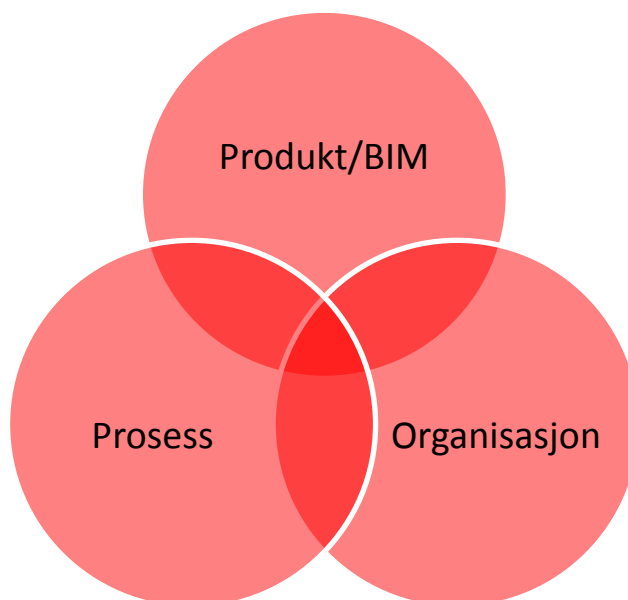
Denne utviklingen begrenser antall kommunikasjonskanaler betraktelig. Ved å benytte seg av BIM som en felles plattform og et felles språk, tydeliggjør man informasjonen som formidles. Behovet blir gjort mer eksplisitt, og det blir også forstått, designet, presentert, implementert og produsert på en måte som er av verdi for kunden.

Når det kommer til konseptet VDC, og dens utvikling, ligger mye av fokuset i dag på selve BIM-delen; produktet. Ved spørsmål om hva VDC er, vil nok mange svare BIM. Dette svaret er selvsagt ikke feil, men VDC omfatter så mye mer. På Veidekke sitt skandinaviske VDC-treff, kom nettopp dette tydelig frem. Deltakere fra de ulike landene, representert av funksjonærer fra flere stæder, hadde i stor grad fokus på hvordan og hvorvidt BIM kunne utvikles og utbedres. En helhetlig vurdering og forståelse av VDC vil være viktigere å fokus på. Som Figur 36 viser, deles VDC inn i fire ulike områder:



Figur 36: Hva er VDC?

Ser man på VDC i et enda større perspektiv vil man se en tredeling. Disse tre delene er avhengig av hverandre, utfyller hverandre og bidrar til en forbedret realisering av prosjektets mål. Prosjektets mål, vil så igjen ligge til grunn for tilfredsstillelse av bestillerens mål.



Figur 37: Tredeling av VDC (POP)

Med prosess og organisasjon menes hver enkelt bedrifts kultur og de aktiviteter som foregår på det organisasjonelle plan, for å underbygge og forbedre produktet man til slutt ender opp med. Særlig arbeidsmetodikken, samt plan og struktur ligger under disse to punktene. Verdioptimalisering vil i større grad være unikt fra til prosjekt, men kundekravene som springer ut fra de definerte målene ligger som et gyllent utgangspunkt for det endelige produktet. Gjensidig avhengighet oppstår mellom elementene i tredelingen av VDC, noe som fører til at et for stort fokus, og for stor vektlegging på BIM vil svekke helheten. Det kan virke som om et grunnleggende prinsipp for en vellykket anvendelse av VDC, er å forstå hvordan retningslinjer og andre administrerende tiltak er fundamentalt viktig for å skape et produkt som tilfredsstillende kunden. BIM er viktig, men som del av det hele – det vil være i grensesnittet mellom de tre delene at fasiten for et vellykket prosjekt vil ligge.

I samfunnet og i bransjen generelt opplever man en moderne utvikling som medbringer en rekke endringer. VDC bidrar til å møte disse markedsendringene på en tilfredsstillende måte, med større grad av samhandling, representasjon, analyse, standardisering og fabrikkering (Tabell 13). Tabell 21 viser hvordan VDC bidrar til å håndtere endringene.

Markedsendringer	VDC
<i>Endring mot en mer globalisert arbeidsprosess</i>	Selv om kommunikasjon foregår best ansikt-til-ansikt, tilfører ICE-prosjektering muligheten til å kunne gjennomføre prosessen selv om aktørene geografisk sitter på ulike steder.
<i>Behov for økt produktivitet og lavere marginer</i>	Forutsigbarheten øker gjennom systematisk planlegging og god visualisering.
<i>Krav om bærekraftighet</i>	Samhandlingen øker, noe som vil påvirke det helhetlige resultatet. Et produkt har gjennomgått en mer nøyaktig vei før ferdigstillelse.
<i>Økt kompleksitet av bygninger</i>	BIM øker forståelsen av hva en tegning representerer. Enklere å forstå kompleksiteten.

Tabell 21: VDCs tilpasningsevne til markedsendringer

Når det kommer til samhandling mellom aktørene vil derfor VDC ha følgende effekt:

- ✓ Større åpenhet og felles mål
- ✓ Bedre samhandling og integrasjon
 - Kortere responstid
 - Bringer folk sammen
- ✓ Betraktelig bedre visualisering
- ✓ Bedre og enklere kommunikasjon
- ✓ En helhetlig tankegang om optimalt produkt med høy kundeverdi
- ✓ Møter markedsendringer på en god måte

10.4 FORSKNINGSSPØRSMÅL 4

Hva kjennetegner en kreativ prosess, og hvordan inkluderes denne optimalt i prosjekteringsprosessen?

Som tidligere nevnt, skiller prosjektering seg fra produksjon på flere måter. Spesielt er iterasjon en faktor som skiller de. Denne egenskapen finnes sterkest i prosjekteringsprogrammet og i beslutningsprosessen. Selve produksjonsprosessen av prosjekteringen viser det seg at man i dag har god kontroll på. Dette på grunn av sin likhet til vanlig produksjon. Produksjonen karakteriseres av etterfølgende avhengigheter som er enklere å håndtere. Prosjekteringsprogrammet og beslutningsprosessen er vanskeligere å håndtere, mye på grunn av iterative innslag. Det kan virke som om kreativ design handler om utvikling og avgrensning av et problem og løsningen av dette problemet. Design, og dermed prosjektering, handler mye om iterasjon og bevegelse mellom problemområdet og løsningsområdet.

Iterasjonen, som også er karakteristisk for generell design, foregår mellom et problemområde og et løsningsområde. Problemområdet har sine likheter med prosjekteringsprogrammet, og løsningsområdet kan erstattes med beslutningsprosessen. Disse delene av prosjekteringsprosessen har en typisk dobbel diamant-form. Dobbelt diamant-formen viser tydelig den iterative fasen som er gjennomgående i store deler av prosjekteringsprosessen. Prosjekteringsprogrammet,

hvor produktet oppstår og utvikles, generer mange alternativer. En beslutning blir tatt for å gå videre med noen få alternativer, hvorpå det for hvert av alternativene utvikles et konsept. Det blir så tatt en beslutning om hvilket konsept man ender opp med. Prosjektet følger en tydelig dobbel diamant-struktur, der man oppdager, definerer, utvikler og leverer.

Klimaet og omgivelsene hvor møtene blir avholdt har stor innvirkning på hva man får ut av møtene. De to første prosjekteringsmøtene, som undertegnede deltok på, ble avholdt på Ørnen Hotell var i et trangt rom med dårlig luft og få pauser. Presentasjonen av problemer ble gjort på arbeidstegninger, noe som er uoversiktlig og tungvint. En løsning som vil være bedre er visualisering på storskjerm i både 2D og 3D. Når man får tegninger opp på skjermer kan man enkelt velge hvilke snitt man skal vise, og ta notater underveis på tegningene slik at notatene blir tilgjengelig for alle. Det er viktig å utnytte de moderne mulighetene man har, slik at man skape et så godt miljø og struktur for møter som mulig.

Hvordan man deler inn fasen i prosjektering, kommer an på hvilken litteratur man studerer. Det finnes i realiteten ikke en fasit på inndelingen. Fasene overlapper hverandre, og avhenger av hverandre på ulikt sett. Sammenligner man generell teori som angår kreativitet, med prosjekteringsprosessen ser man flere likheter. Howard, Culley, og Dekoninck (2008) deler inn kreativitet i prosess, produkt, personer og miljø. Disse elementene, som alle inneholder kreativitet, er elementer som bør implementeres i prosjektering. Man skaper et kreativt produkt gjennom en kreativ prosess gjennomført med kreative mennesker i et kreativt miljø. Ved implementering av VDC, vil man klare å legge til rette for et kreativt og sunt arbeidsmiljø, der dialog og samhandling står i fokus.

For å forstå hvordan man legger til rette for et kreativt samspill, er det essensielt å forstå hvilket samspill det er ønskelig å oppnå. Med kunde verdi som fokusområde, er det viktig å optimalisere dette. Samspillet er arenaen hvor kreativitet skal blomstre. Kreativiteten er en kilde til endring, og oppnåelse av kunde verdi. Det kreative samspillet man ønsker å oppnå, forklares best ut i fra den integrerte kreative modellen (Figur 9) presentert i kapittel 4.3. Denne modellen tar også høyde for informasjonsflyt, det andre fokusområdet som er karakteristisk for den moderne konseptualiseringen av prosjekteringsprosessen. Den integrerte kreative modellen er anvendelig i VDC,

ettersom den tar høyde for alle tre konseptene av prosjekteringsprosessen. Tabell 7 forteller oss hvilken sammenheng de ulike parameterne i modellen har. Den integrerte kreative modellen, samt Figur 10, visualiserer den itererende egenskapen prosjektering har. Ser man disse også i lys av Figur 7 er det tydelig at iterasjonen forekommer mellom problemområdet (prosjekteringsprogrammet) og løsningsområdet (beslutningsprosess). Produksjon av prosjekteringsmaterialet forekommer på bakgrunn av beslutningene, og har store likheter med generell produksjon. Iterasjon er derfor ikke en verdiskapende hendelse her.

Gjennom bruk av eliminasjonsmetoden beskrevet i kapittel 6.2.1, skaper man gode gjennomarbeidete løsninger som tilfredsstiller kundenes krav mer optimalt enn tidligere. Denne måten å prosjektere på er en integrerende metode, som også er i samsvar med teori om kreativitet. Ved å ta en grov tilnærming tidlig, og inkludere flere alternativer klarer man å avdekke feil og løse problemer tidligere. Man får et bedre helhetlig produkt, der flere alternativer er vurdert – hvorpå det beste blir valgt ut. Samhandlingen og samspillet mellom aktørene øker, og man skaper et godt miljø der kreative ideer får sine utspill.

Litteraturstudiet viser at ved implementering av Lean-filosofi og VDC-prinsipper, klarer man å tilføre kreativitet i produktet, miljøet og prosessen. Kreative personer er man avhengig å hyre inn gjennom erfaring eller etterspørsel. Den kreative delen, samspillet og samhandlingen legges det også til rette for med bruke av ICE-prinsipper. Erfaringer fra Ørnen Hotell sier at aktører ikke samarbeider nok dersom ikke prosjekteringslederen aktivt setter de sammen. Hver enkelt aktør ser ikke selv behovet, og er opptatt med andre prosjekt. En prosjekteringsleder som tenker helhetlig, vet at behovet er der og må aktivt gå inn for at de samarbeider. Denne observasjonen underbygger ICE- og Lean-prinsipper som respekt, åpenhet og inngåelser av felles mål som alle aktører jobber for. Underveis i prosjekteringsprosessen på Ørnen Hotell, etablerte man særmøter på byggeplassen, annenhver uke. Før denne endringen skjedde, besto møtene av gjennomgang av planer og beslutninger. Beslutningstakingen var ikke i stor grad basert på et kreativt samspill mellom aktørene. Innføringen av særmøtene bidro til nettopp dette. Nå fikk aktørene et forum hvor en kreativ symbiose kunne utspille seg.

Kjennetegn for en kreativ prosess listet opp under:

- ✓ Iterasjon
- ✓ Tydelig skille mellom problem- og løsningsområde
- ✓ Definerer og utvikler et produkt.
- ✓ Ulike innslag
 - Prosess, produkt, person og miljø
- ✓ Skaper endring
- ✓ En tilnærming som tilspisses med tiden
- ✓ Samhandling kan øke kreativitet

Følgende punkter sier noe om implementering/optimalisering av kreative prosesser i prosjekter:

- ✓ Kreativitet blomstrer i et sunt miljø
- ✓ Kreativitet i alle ledd
 - Prosess, produkt, person og miljø
- ✓ Eliminasjonsmetode
 - Skaper diskusjon og forståelse
- ✓ Integrert kreativ modell
- ✓ Lean og VDC
 - Gir rom for kreativitet

10.5 DRØFTING AV FORMÅLET

Formålet, eller problemstillingen for denne oppgaven er som følger:

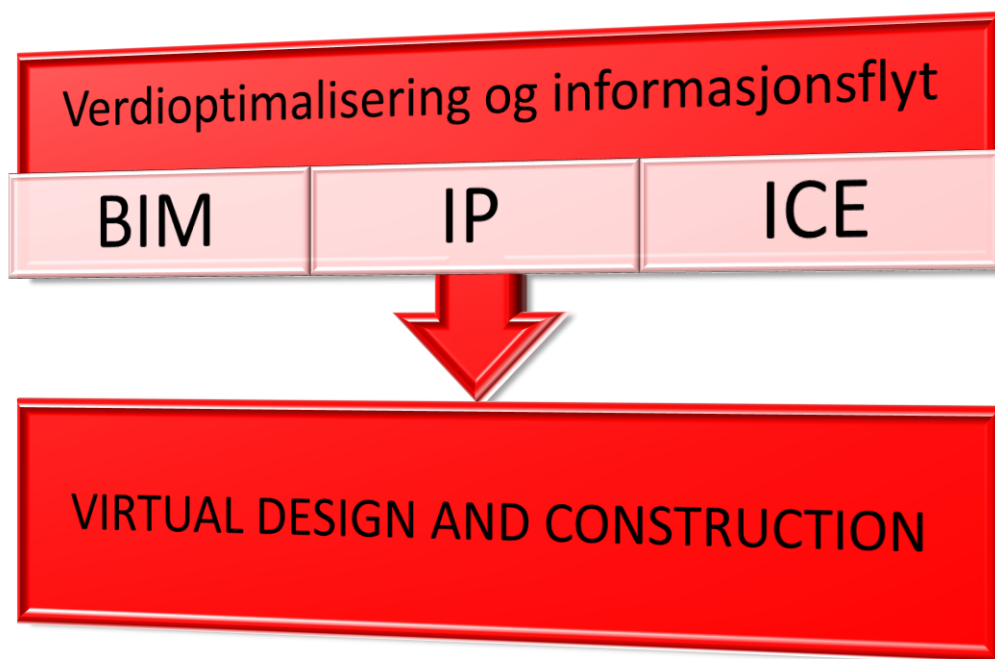
En studie av VDC, prosjekteringsprosessen og generell Lean-teori. På bakgrunn av dette studiet skal oppgaven resultere i anbefalinger for utviklingen av samspillet og de kreative prosessene som utspiller seg mellom aktører fra de ulike fagene for oppnåelse av økt kunde verdi i den fremtidige prosjekteringsprosessen for Veidekke.

Arbeidet med denne oppgaven har omfattet et dypt litteratursøk, samt observasjon av to ulike prosjekteringsprosesser og deltakelse på et VDC-treff på tvers av de skandinaviske landegrensene. Prosjekteringsprosessen som har blitt mest observert hadde preg av en

organisasjon i endring mot den moderne måten å prosjektere på (Concurrent Engineering), mens det andre prosjektet allerede hadde tatt skrittet inn i fremtiden. På bakgrunn av all informasjon og data som er innhentet, er det ingen tvil om at det er tid for en ny prosjekteringsprosess med et mer moderne preg. Som samfunnet ellers, kan det virke som om vi beveger oss mot en papirløs fremtid der informasjon blir håndtert og delt digitalt. Dette medfører i første omgang en praktisk fordel. Nye metoder muliggjør samling, prosessering og deling av informasjon på en mer effektiv måte. Tidligere har prosjekteringsprosessen hatt som fokus å omforme krav til et endelig produkt. I den moderne prosjekteringsprosessen kommer det nå to fokusområder som bør også prioriteres på lik linje. Fortsatt ønskes det å omforme kundekrav til et produkt, men underveis i denne prosessen skal fokuset også være på informasjonsflyt og kunde verdi. Ser man på Figur 4, kommer det tydelig frem at ressursene i størst grad, tradisjonelt sett, har blitt benyttet på håndtering av informasjon. Dette samsvarer også med den informasjonen som er blitt hentet inn fra prosjekteringslederne på Ørnen Hotell. Informasjonsflyten påvirker i stor grad samhandling mellom aktørene. Der det tidligere har blitt prosjektert *på hver sin tue*, bringer VDC og ICE-prosjektering aktørene tettere sammen. Med implementering av VDC, og dens rutiner, vil samhandlingen foregå mye mer effektiv. Det er derfor viktig med en tydelig prosjekteringsleder som bidrar til å legge til rette for samhandlingen. Slik praksisen er på prosjektet *City Lade*, møtes aktørene annenhver uke – to ganger i uken. Agendaen for dagene inneholder både faste og rigide møter, samt tid til løse særmøter hvor aktørene møtes etter behov. Dette er nok veien å gå. Holder man aktørene for fast, kan man ødelegge deler av kreativiteten som følger av åpne møter uten særlige fast form. En for åpen form, gjør at viktig beslutninger ikke tas. En balanse mellom de to formene, kan se ut til å bidra til en mer optimal prosjekteringsprosess.

Det kommer frem fra litteraturstudiet at oppnåelse av kunde verdi vil være en essensiell suksessfaktor i fremtiden. Aktørene må derfor ha en grunnleggende forståelse av hva verdi er, og hva som gir verdi for kunden. Slik Veidekke har definert VDC, er verdioptimalisering et eget element i dette konseptet. For å tydeliggjøre tilnærming mot økt kunde verdi, vil det være mer relevant at verdioptimalisering ligger til grunn for alle aktiviteter. Verdiskapende samspill skal være en fellesnevner for prosjekteringsprosessen, og verdioptimalisering burde heller være en generell

tilnærming til alle aktiviteter enn et eget element på lik linje som IP, BIM og ICE. I tillegg er det et krav om informasjonsflyt. Se Figur 38.



Figur 38: VDC, ny

Det er nødvendig å fokusere på generell ledelsesteori, teori angående kreativitet og kreative prosesser samt teori som omfatter Lean-filosofien når man skal vurdere prosjekteringsprosessen. En enhetlig tankegang som samler ulike prinsipper og erfaringer vil være essensielt. Forskningen viser at Lean-filosofien og erfaringer knyttet til Lean construction ikke kan direkte overføres til alle faser av prosjekteringsprosessen. Det har i denne oppgaven, derfor vært viktig å fokusere på flere aspekter ved prosessen som bidrar til dens unikhhet og kompleksitet. Når all teori fra de ulike områdene er forstått, er det mulig å danne seg et inntrykk av hvordan en prosess bør håndteres.

Innføringen av VDC, vil koste mye penger. Ser man på definisjonen av verdi (kapittel 7.5) defineres den matematisk ut i fra funksjonalitet og kostnad. Den store kostnaden skygger derimot noe over funksjonaliteten den medbringer. For å kunne innføre VDC er man nødt til å dokumentere funksjonaliteten, og vise at den er større enn kostnaden og dermed skaper positiv verdi. Ledelsen som styrer hvilke investeringene man skal ta er nødt til å forstå funksjonaliteten for å kunne sette av de store kostnadene. Litteraturen

tilsier at den store engangskostnaden, tjenes inn igjen grunn verdien man får igjen av blant annet redusert ressursbruk.

Som et svar på problemstillingen, vil følgende punkter bidra til en bedre utvikling av samspillet og de kreative prosessene som utspiller seg mellom aktører fra de ulike fagene for oppnåelse av økt kunde verdi i den fremtidige prosjekteringsprosessen hos Veidekke:

- ✓ Informasjonsdeling
 - Effektivisering
 - Forenkling
 - Verdiskapende/Pull-teknikker
- ✓ Kunde verdi
 - Tydeliggjøring
- ✓ Samlokalisering
- ✓ Samhandling
 - Åpenhet
 - Felles mål
 - Helhetlig tankegang
- ✓ Planlegging
 - Bedre
 - Skape mer forutsigbarhet
 - Innføre plansystem fra The Last Planner.
- ✓ Etablere sunn kultur og miljø
- ✓ Visualisering
- ✓ Utnytte de tre konseptene av prosjektering
 - Forstå hvilke aktiviteter og avhengigheter som er knyttet opp mot konseptene
- ✓ Implementering av Lean-filosofi
 - Utforske nøyaktig hvilke deler av filosofien som lar seg overføre, avhengig av hvilket konsept av prosjekteringen det innebærer
 - Verdiskapning, og fjerning av *waste* gjennom hindringsanalyse.
- ✓ Tydeliggjøre, og utvikle VDC

- Bedømme funksjonalitet i forhold til kostnad, tydeliggjøre gevinsten
- Forstå at VDC ikke bare er BIM
- Kunne bruke verktøyene som VDC medbringer
- ✓ Bedre på erfaringsoverføring og standardisering
 - Vanskeliggjøres pga. unikheten i hvert prosjekt
- ✓ Legge til rette for kreative prosesser
 - God balanse mellom særmøter og koordineringsmøter
- ✓ Kvalitetssikring og måling av prosessen
 - Lære av egne feil, og gjøre det riktig neste gang

Tabell 22 er en opplistning av hvilke utfordringer og behov prosjekteringsprosessen har i fremtiden. I høyre kolonne er det listet opp hva som kan bidra til å dekke disse behovene og løses utfordringene. Behovene og utfordringene er hentet fra litteraturdelene av denne masteroppgaven.

Behov	Løses med
Interaksjoner og forpliktelser mellom aktører	ICE
Bedre deling av beslutninger	Bedre kommunikasjonskanaler, VDC og BIM
Mer effektiv prosessering av informasjon	Verktøy og modeller som støtter konsept om informasjonsfly
Helhetlig ledelsesfilosofi	Lean-prinsipper og The Workshop Model
Verktøy som integrerer de tre konseptene	Fokus på en helhetlig forståelse av prosjekteringsprosessen
Integrasjon av spesialkunnskap	Bedre inkludering av aktører
Avgjørende timing av viktige beslutninger	Gjennom god planlegging fra The Last Planner System
Kontroll på aktivitetene	God planlegging, med et godt plansystem
Kontroll på positiv iterering	Planleggingsstruktur fra The Last Planner System
Fleksibilitet	The Last Planner System
Helhetlig, systematisk tilnærming	VDC er et konsept som inkluderer en

	helhetlig tilnærming
Bedre kommunikasjon	ICE-prosjektering bringer aktører tettere. BIM som kommunikasjonsmiddel
Høy grad av samspill i prosessene	VDC, ICE
Utnytte tidelige bidrag fra et individuelt nivå	VDC, inkluderer aktører tidlig
Åpen informasjonsdeling	BIM, og ICE-prosjektering
Gruppesuksess med felles risiko og belønning	VDC og Lean bygger opp under dette
Tydelig interne forhold mellom klient og leverandør	ICE-prosjektering styrker relasjonene
Arbeid med et sett av prosjekteringsalternativer	Kreativ tilrettelegging og VDC
Innføre et kontrolleringsfokus på flytaktiviteter	Lean gjennom en tydelig leder
Redusering av ikke-verdiskapende aktiviteter	Lean
Øke produktverdien gjennom systematisk vurdering av kundekravene	Verktøy som for eksempel QFD eller The Workshop Model
Redusere prosessvariabiliteten	The Last Planner System
Øke åpenheten i prosessen	Lean bygger på respekt. VDC integrerer aktørene.
Etablering av kontinuerlige forbedringsprosesser	Et av Lean-prinsippene
Måling	Essensielt i Lean-filosofi
Engasjement og forpliktelse fra involverte aktører	Dette skaper VDC
VDC som mål for entreprenør i helhet, ikke unikt produkt	Etablere en kultur som deler den samme filosofien som Lean og VDC

Tabell 22: Løse utfordringene

11 KONKLUSJON

I korte trekk oppsummerer dette kapitlet oppgaven, samt gir anbefalinger for videre forskning på området.

11.1 KONKLUSJON

For å kunne forstå hvordan man på best mulig måte tilrettelegger for et godt prosjekteringsmiljø der alle aktører har et stort potensial til å samarbeide godt, behøves det en fundamental forståelse av hva en prosjekteringsprosess omfatter. All teori beskrevet i denne oppgaven, sammen med mye mer og passiv deltagelse i prosjekteringsprosessen har vært nødvendig for å kunne forstå prosessen. Tross dette omfattende studiet, er det utfordrende å ha kontroll over en prosjekteringsprosess. Hvert enkelt prosjekt er unikt. Dette vanskeliggjør koordineringsmetoder som standarder og erfaringsutvekslinger.

VDC-prosjektering er basert på åpenhet, samhandling og felles mål. Dette krever mye fra aktørene, og hvilke aktører man har med på prosjektet bestemmer kompleksiteten. Kompleksiteten resulterer i en utfordring når det kommer til planlegging, ettersom fremtiden er spesielt usikker i prosjekteringsprosessen. Det har vært vanskelig å trekke store konklusjoner i denne oppgaven fordi en grunnleggende forståelse av prosjekteringsprosessen i praksis kun kan opparbeides gjennom flere år med erfaringer. Teorien er i og for seg selv direkte og eksplisitt. Elementer som kan virke enkelt på papiret, kan derimot være vanskelig å gjennomføre i praksis. For å kunne implementere VDC på en god måte for alle parter, er man nødt til å kunne slå sammen tankegangen til unge, visjonære deltagere med de eldres erfaringer og tanker. De som har jobbet med prosjektering i mange år, vet hva som fungerer og ikke fungerer. Deltagere med bakgrunn i teori er avhengig av å dele implementeringstaktikken for erfarne prosjekteringsledere. Sammen kan man utarbeide en strategi for en vellykket implementering. Det er ingen tvil om at prosjekteringsprosessen behøver en modernisering. Måten dette skal gjøres er derimot ikke like tydelig.

Svarene som er kommet under forskningen på formålet av oppgaven, realiseres gjennom implementering av VDC. VDC tilfører en helhetlig forståelse av prosjekteringsprosessen,

hvor lite er tilfeldig. VDC inneholder verktøy, modeller og tankesett som bidrar positivt til prosessen generelt. VDC tar tak i alle de tre konseptene av prosjektering, og optimalisere hver enkelt av de. Overføring av krav til produkt effektiviseres gjennom en forbedret planleggingsmetodikk. Informasjonshåndtering forenkles blant annet gjennom bruk av BIM og samlokalisering. Verdiskaping for kunden oppnås gjennom fokus på nettopp dette i alle av prosessens ledd.

For Veidekke som ledende aktør på markedet, står de ovenfor et valg som på mange måter vil avgjøre fremtidens suksess. Krav om bruk av BIM og andre samhandlingsteknikker sees tydelig fra offentlig byggherrer. Fremtiden ligger i bruken av BIM og VDC. For Veidekke sin del, handler det nå nok mye om å skape et tydelig og definert VDC-konsept som inkluderer Veidekkes kultur med teoretisk og moderne nyervervelse. Skaper man et gjennomføringskonsept, skaper man seg en trygg fremtid. Entreprenører og leverandører som ikke henger seg på denne ny og moderne bølgen, risikerer og miste et stort konkurransefortrinn. Bruken av BIM medfører så mange fordeler, ofte i form av økonomisk besparelse – for alle parter. BIM muliggjør VDC, men fører med seg et stort ressursbruk nå i startfasen. Denne prisen er man nødt til å betale for å kunne henge med på utviklingen.

Veidekke har alle forutsetninger for å lykkes med VDC. De ligger godt an allerede. VDC består av IP, BIM og ICE – samt et fokus på verdioptimalisering. IP er godt innarbeidet i Veidekke-kulturen, mens bruken av 3D-modeller allerede har pågått en stund i større prosjekter. BIM og ICE henger godt sammen, og har hatt pilotprosjekter som ansees som suksessfulle. Pilotprosjektene har gitt Veidekke svar på teknikk, rutiner og strategier som fungerer bra eller dårlig. Det som behøves fra Veidekke sin del nå, er å definere hva VDC skal være for noe. Man vet hvilke resultater man ønsker, men veien frem dit er enda noe uklar. En faktor som er essensiell og tydelig er inkludering av aktører for å skape et verdiskapende samspill der man er opptatt av felles mål, løpende dialog og samhandling.

11.2 VIDERE ARBEID

Det trengs et rammeverk som inkluderer alle tre tilnærminger på Lean prosjektering. De tre konseptene(kapittel 6.3) må forstås for å kunne gjennomføre en god prosjekteringsprosess. Et økt fokus fra entreprenørens side på disse konseptene vil

bidra til at konseptene får en mer balansert vektlegging i prosjekteringsprosessen. Integrering av konseptene medfører bruk av ulike verktøy og modeller som igjen underbygger konseptene, og gjør fokusering på ulike konsepter enklere. I lik linje som beherskelse av BIM, må aktørene også læres opp til bruk av verktøy som underbygger de ulike konseptene.

Veidekke AS og andre entreprenører burde absolutt vurdere behovet for ansettelse av en koordineringsansvarlig som assisterer prosjekteringslederen i arbeidet med integrering av aktørene. Innføringen av VDC vil føre til et større koordineringsansvar hos entreprenør, og for eksempel ansettelse av en VDC-ingeniør, slik Veidekke Sverige har, kan gjøre integreringen av aktørene enklere. VDC-ingeniør kan koordinere BIM-modellen og sørge for optimal informasjonsflyt.

En standardisering og bestemmelse av hva VDC er må falle på plass. Hva VDC innebærer, hvilke verktøy man skal bruke, hvordan man bruker de ulike elementene og hvordan man organiserer et VDC-prosjekt på bør være spørsmål man kan få entydige svar på. En utfordring i forhold til dette er selvfølgelig unikheten og kompleksiteten ved prosjekter. Hvert prosjekt har sine egne styrker og utfordringer, noe som vanskeliggjør standardiseringsprosessen. Men det bør etableres en VDC-plan som i grove trekk angir retningslinjer for hvordan Veidekke vil angripe prosjekteringsprosesser. Denne planen er overordnet, og det kan finnes egne tilleggsmoduler avhengig av om man skal bygge et kjøpesenter, et hotell, en skole etc. En slik plan vil bidra til økt oversiktighet, og tilførsel av gode rutiner. Det anbefales også å se nærmere på Tabell 15 for å se hvilken innvirkning Lean og The Workshop Model tilfører et prosjekt.

Erfaringsoverføring er en faktor som kan bidra til økt flyt i prosjekter. Ved å etablere et forum eller lignende der prosjekteringsleder kan dele erfaringer, kan man bidra til at ikke *nestemann* havner i samme fallgrube som deg. I dag virker mye av denne erfaringsoverføringen mer og mindre tilfeldig. Veidekke har derimot en veldig god praksis på dette når det kommer til HMS. Dersom en ulykke eller uhell har forekommet på en arbeidsplass, blir denne hendelsen loggført og spredt rundt til andre arbeidsplasser slik at man kan forhindre en slik hendelse ved en senere anledning. Uhell forekommer ofte på grunn av faktorer man ikke har kunne forutsett, og ved å få en tilførsel av erfaring kan man altså garderer seg mot ulykker. Dette bør også være mulig å

få til i prosjekteringsprosesser. Erfaringsoverføring i forhold til kunder, aktiviteter, situasjoner, avhengigheter, bygningsfysikk, HMS etc. vil synliggjøre fremtidige hindringer, og gjøre enhver prosjektleder forbredt på disse.

Veidekke har en sunn arbeidskultur der det å være profesjonell, redelig, entusiastisk og grensesprengende ligger til grunn for å oppnå et verdiskapende samspill. Skal man gjennomføre et VDC-prosjekt er det nettopp i samspillet suksessen ligger. Samspillet må foregå mellom kunden, medarbeidere, ledelsen og leverandøren. VDC er fremtiden, og for å forbli konkurransedyktig i tiden fremover er man nødt til å få med disse aktørene på utviklingen. Som bedrift må Veidekke først starte med seg selv. Ledelsen og medarbeidere må forstå den økonomiske besparelsen og de praktiske godene som ligger i anvendelsen av VDC. Når leverandørene begynner å jobbe etter de samme målene og med de samme arbeidsmetodene som Veidekke, vil også kunden forstå hvilke kvalitetsmessige forbedring og økonomisk besparelse VDC-prosessen har gitt. Vi er i en overgangsfase der det vil være mye skepsis mot denne nye formen for prosjektering, men med litt tålmodighet vil fordelene snart vise seg – for alle involverte aktører.

Temaet VDC er i en oppblomstringsfase, og mange er enige om at konseptet er den riktige måten å håndtere fremtidig kompleksitet i prosjekteringsprosessen. Det ville ha vært interessant og studert VDC-prosessen enda grundigere i praksis. En undersøkelse om hvordan alle aktørene opplever prosessen, og om aktørene har innspill i eventuelle forbedring ville vært relevant.

Det vil også være interessant og sett nærmere på aktivitetene i en prosjekteringsprosess og hvilke avhengigheter som er knyttet opp til dem. Dette vil nok variere avhengig av hvilket prosjekt man er på, og hvilken funksjon prosjektet skal ha. Et hotell har egne aktiviteter og utfordringer som for eksempel et kjøpesenter ikke vil ha – og motsatt. Standardisering innen prosjekteringsprosessen er en utfordring. Allikevel kunne graden av mulig standardisering vært interessant å se nærmere på.

12 REFERANSER

- Aas, G. 2009. *Lean construction: Status i norsk byggeindustri*. NTNU.
- Adresseavisen. 2012. *Veidekke skal utvide City Lade med 10 000 kvm*. Adresseavisen. <http://www.adressa.no/nyheter/okonomi/article1768960.ece> (lest Mars).
- Autodesk. 2008. Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling. <http://www.whitepapersdb.com/white-paper/1416/improving-building-industry-results-through-integrated-project-delivery-and-building-information-modeling>
- Baines, T., H. Lightfoot, G. Williams, og R. Greenough. 2006. State-of-the-art in Lean design engineering: a literature review on white collar Lean. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 220 (9):9. http://ejsccontent.ebsco.com/ContentServer.aspx?target=http%3A%2F%2Fpib%2Eesag%2Epub%2Ecom%2Fcgi%2Freprint%2F220%2F9%2F1539%2Epdf%3F%26UCI_FMT%3DK_EV%26UCI%2EUserIP%3D129%2E241%2E165%2E196%26UCI%2EPID%3DCU-0600732CU-0045210
- Ballard, G. 1999. Can pull techniques be used in design management? *CIB REPORT* ——. 2000. *The Last Planner System of Production Control*. University of Birmingham, School of Civil Engineering; Faculty of Engineering.
- Browning, T.R. 2001. Applying Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions. *IEEE Transactions on Engineering Management* 48 (3):292-306. <http://www.axiod.com/technology/papers/4DSMs.pdf>
- BuildingGreen. 2001. Integrated Building Design. I *Greening Federal Facilities* 38-39. Brattleboro, Vermont: BuildingGreen Inc.
- Bølviken, Trond, Bjørnar Gullbrekken, og Kjetil Nyseth. 2010. Collaborative Design Management. Paper read at 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 18), July 14-16, at Haifa, Israel.
- Chachere, J., J. Kunz, og R. Levitt. 2004. *Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Grounded Theoretical Factors that Enable Radical Project Acceleration*. CIFE - Working Paper #WP087 nr. Stanford University.
- Cho, S., og G. Ballard. 2011. Last Planner and Integrated Project Delivery. *Lean Construction Journal* (2011):12. http://www.Leanconstruction.org/lcj/2011/LCJ_11_sp5.pdf
- Dahl, P.K., M.J. Horman, og D.R. Riley. 2005. Lean Principles to Inject Operations Knowledge Into Design. Paper read at 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 9), July, at Sydney, Australia.
- DesignCouncil. 2006. *The Double Diamond*. <http://www.designcouncil.org.uk/designprocess> (lest 30.3.2012).
- Dorst, Kees, og Nigel Cross. 2001. Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution. *Design Studies* 22 (5):425-437. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X01000096>
- Flager, F, R Senescu, og J Haymaker. 2009. Improving Design Processes: Automate, Communicate, Decide. *Stanford University*.
- Forbes, L.H., og S.M. Ahmed. 2011. *Modern construction: Lean project delivery and integrated practices*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.

- Formoso, C.T., P. Tzortzopoulos, M.S.S. Jobim, og R Liedtke. 1998. Developing a Protocol for Managing the Design Process in the Building Industry. I *6th Annual Conference of the International Group of Lean Construction (IGLC 6)*. Guaruja, Brazil.
- Freire, J., og L.F. Alarcón. 2002. Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology. *Journal of Construction Engineering and Management* (May/June):9.
<http://scitation.aip.org/getpdf/servlet/GetPDFServlet?filetype=pdf&id=JCEMD400012800000300024800001&idtype=cvips&prog=normal>
- Gero, J.S. 2000. Computational Models of Innovative and Creative Design Processes. *Technological Forecasting and Social Change* 64 (2–3):183-196.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162599001055>
- Gray, C., og W. Hughes. 2001. *Building design management*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Hamzeh, F.R., G. Ballard, og I. D. Tommelein. 2009. Is the Last Planner System Applicable to Design? A Case Study. Paper read at 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 17), July 15-17, at Taipei, Taiwan.
- Holt, T.Ø. 2011. *Hvordan kan BIM påvirke rollen som prosjekteringsleder*. Foredrag - Kurs for prosjekteringsledere nr.
- Howard, T. J., S. J. Culley, og E. Dekoninck. 2008. Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. *Design Studies* 29 (2):160-180.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X08000173>
- Howell, G. 2003. Work Flow Management - The Last Planner System™. *Nova Award Nomination* (17):2. [http://www.cif.org/noms/2003/17 - Work Flow Management.pdf](http://www.cif.org/noms/2003/17_-_Work_Flow_Management.pdf)
- Hui, Li, Zhang Pu, og Li Xiaomei. 2011. The research of the application domain of Lean design. Paper read at Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM), 2011 IEEE 18Th International Conference on, 3-5 Sept. 2011.
- Integra. 2011. *ITB - Integrerte Tekniske Bygningsinstallasjoner*. nr. Norsk Teknologi.
<http://www.integranett.no>
- Jensen, P., E. Hamon, og Thomas Olofsson. 2009. Product Development Through Lean Design and Modularization Principles. Paper read at 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 17), 13-19 July, at Taiwan.
- Jordheim, E.K. 2011. *Lean Construction og prosjekteringsprosessen*. Prosjektoppgave, NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Jørgensen, B., og S. Emmitt. 2006. *Integrating Lean design and Lean construction: processes and methods*. Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering, Section for Planning and Management of Building Processes.
- Kamara, J.M., og C.J. Anumba. 2007. The 'voice of the client' within a Concurrent Engineering Design Context. I *Foundations of Concurrent Engineering*, red. J. M. Kamara, C. J. Anumba og A. F. Cutting-Decelle, 57-79. London and New York: Taylor & Francis.
- Kamara, J.M., C.J. Anumba, og A.F. Cutting-Decelle. 2007. Introduction to Concurrent Engineering. I *Concurrent Engineering in Construction Projects*, red. J. M. Kamara, C. J. Anumba og A. F. Cutting-Decelle, 1-11. London and New York: Taylor & Francis Group.

- Kestle, L., og K. London. 2002. Towards the Development of a Conceptual Design Management Model for Remote Sites. Paper read at 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 10), 6-8 August, at Granmado, Brasil.
- Koskela, L. 2007. Foundations of Concurrent Engineering. I *Concurrent Engineering in Construction Projects*, red. C. J. Anumba, J. M. Kamara og A. F. Cutting-Decelle, 12-29. New York, USA: Taylor & Francis.
- Koskela, L., P. Huovila, og J. Leinonen. 2002. Design management in building construction: from theory to practice. *Journal of Construction Research* 3 (1):1-16.
<http://www.worldscinet.com/icr/mkt/free/S1609945102000035.pdf>
- Kunz, J., og M. Fischer. 2009. *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. CIFE Working Paper #097 nr. Stanford University.
- Kvan, T. 2000. Collaborative design: what is it? *Automation in construction* 9 (4):409-415
- Lee, H.W., I. D. Tommelein, og G. Ballard. 2010. Lean Design Management in an Infrastructure Design-Build Project - A Case Study. Paper read at 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 18), at Haifa, Israel.
- Lichtig, William A. 2005. Sutter Health: Developing a Contracting Model to Support Lean Project Delivery. *Lean Construction Journal* 2 (1):105-112.
http://www.Leanconstruction.org/lcj/LCJ_05_008.pdf
- Mossman, A., G. Ballard, og C. Pasquire. 2010. Lean Project Delivery - innovation in integrated design & delivery. *Architectural Engineering and Design Management* (Special issue on Integrated Design & Development Systems (IDDS)).
[http://independent.academia.edu/AlanMossman/Papers/175783/Lean Project Delivery - innovation in integrated design and delivery](http://independent.academia.edu/AlanMossman/Papers/175783/Lean_Project_Delivery_-_innovation_in_integrated_design_and_delivery)
- Sampaio, J.C.S., og J.P.B. Neto. 2010. Value Generation and Its Relation With the Design Process. Paper read at 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 18), 14-16 July, at Haifa, Israel.
- Samset, K. 2008. *Prosjekt i tidligfasen: valg av konsept*. Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- Sander, K. 2004. *Valg av metode for datainnhenting*.
<http://www.kunnskapssenteret.com/articles/2513/1/Valg-av-metode-for-datainnhenting/Valg-av-metode-for-datainnhenting.html> (lest 6. juni).
- Seehusen, Joachim. 2011. Mistillitt i byggenæringen. *Teknisk Ukeblad* 2011.
<http://www.tu.no/bygg/article285279.ece>
- Tanggaard, E. *Induktiv eller deduktiv metode*.
<http://pluto.hive.no/pluto2003/espentan/Kroppsoving/Arsplan/fagdidaktikk.html> (lest 6. juni).
- Thompson, J.D. 1967. *Organizations in Action. Social Science Bases of Administrative Theory., Edition from Transaction Publishers*. New Brunswick (USA) og London (UK) 2003.
- Thyssen, M.H., S. Emmitt, S. Bonke, og A. Kirk-Christoffersen. 2008. The Toyota Product Development System Applied To a Design Management Workshop Model. Paper read at 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 16), 15-17 July, at Manchester, U.K.
- Tilley, P.A. 2005. Lean design management—a new paradigm for managing the design and documentation process to improve quality? Paper read at 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 13), July 18-21, at Sydney, Australia.

Tzortzopoulos, P., og C.T. Formoso. 1999. Considerations on application of Lean construction principles to design management. Paper read at 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 7), July 26-28, at Berkeley, California, USA.

Universitetsbiblioteket, NTNU. 2010. *Veien til informasjonskompetanse*.
<http://www.ntnu.no/viko> (lest 5. Oktober).

Veidekke. 2011. BIM-Manual V1.220.