



Samhandling i BIM-prosjekter

Sigrid Skundberg Kjøbli

NTNUs Entreprenørskole

Innlevert: juni 2013

Hovedveileder: Roger Klev, IØT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse

MASTERKONTRAKT

- uttak av masteroppgave

1. Studentens personalia

Etternavn, fornavn Kjøbli, Sigrid Skundberg	Fødselsdato 08. jul 1987
E-post kjobli@stud.ntnu.no	Telefon 41419499

2. Studieopplysninger

Fakultet Fakultet for Samfunnsvitenskap og teknologiledelse
Institutt Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse
Studieprogram NTNUs Entreprenørskole

3. Masteroppgave

Oppstartsdato 15. jan 2013	Innleveringsfrist 11. jun 2013
Oppgavens (foreløpige) tittel Samhandling i BIM-prosjekter	
Oppgavetekst/Problembeskrivelse God utnyttelse av BIM i byggeprosjekter krever endring i arbeidsrutiner og kommunikasjonsmønster. Oppgaven skal undersøke hvordan erfaringer med utfordringer og muligheter innenfor BIM i byggeprosjekter kan spres til nye prosjekter. Oppgaven skal presentere og diskutere teori som belyser hvordan slik kunnskapsspredning kan skje og hvordan den kan understøttes. Det gjennomføres en empirisk undersøkelse som belyser utfordringene med spredning, og empiriske funn analyseres og drøftes med utgangspunkt i teori.	
Hovedveileder ved institutt Førsteamanuensis Roger Klev	Medveileder(e) ved institutt
Merknader 1 uke ekstra p.g.a påske.	

4. Underskrift

Student: Jeg erklærer herved at jeg har satt meg inn i gjeldende bestemmelser for mastergradsstudiet og at jeg oppfyller kravene for adgang til å påbegynne oppgaven, herunder eventuelle praksiskrav.

Partene er gjort kjent med avtalens vilkår, samt kapitlene i studiehåndboken om generelle regler og aktuell studieplan for masterstudiet.

Trondheim 14/1-2013
.....
Sted og dato

Sigrid S. Kjøbli
.....
Student


.....
Hovedveileder

Originalen lagres i NTNUs elektroniske arkiv. Kopi av avtalen sendes til instituttet og studenten.

Forord

Denne masteroppgaven ble utført ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet i løpet av våren 2013. Studien er en del av det toårige masterstudiet «NTNUs Entreprenørskole» ved Institutt for Industriell Økonomi og Teknologiledelse.

Det rettes en stor takk til min veileder Roger Klev ved Institutt for Industriell Økonomi og Teknologiledelse for engasjerende diskusjoner og konstruktive tilbakemeldinger. Det rettes også en stor takk til alle som bidro i undersøkelsene ved Kunnskapssenteret og Skjerve-prosjektet, både de 12 pilotdeltagerne og mine kolleger i Rendra.

I løpet av de siste ett og et halvt årene har jeg lært utrolig mye om BIM og byggebransjen. Det er en rekke mennesker som har vært viktige i denne læringsprosessen, både i forkant og under masteroppgave-prosessen, som fortjener en takk. Jeg er svært takknemlig for måten jeg har fått bli en del av dette miljøet på. Mitt inntrykk av de jeg har møtt fra byggebransjen er at de er løsningsorienterte, samarbeidsvillige, jordnære og endringsdyktige.

Til slutt vil jeg også takke mine foreldre, som har invitert meg på utallige gode middager og vært gode støttespillere.

Sigrid Skundberg Kjøbli

Trondheim, 17. Juni 2013

Sammendrag

Spesialisering skaper et behov for samhandling mellom organisasjoner. Samhandling består av både formelle og uformelle rutiner, og vil variere mye.

I olje- og gassbransjen har man utviklet et konsept som tydeliggjør hvordan de spesialiserte aktørene bør samhandle. Dette konseptet er «Integrated Operations», og beskriver rutiner for informasjonsflyt, problemløsning og bruken av teknologi som støtter opp om informasjonsflyten. Denne måten å samhandle på har ført til økt lønnsomhet for aktørene.

Byggebransjen er også en bransje med spesialiserte aktører. I byggebransjen representerer bruken av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) et paradigmeskifte. BIM kan brukes til å sammenstille informasjon fra flere fagfelt, slik at man kan detektere og rette opp feil tidligere enn ved tradisjonell bruk av tegninger. Men det oppstår fortsatt avvik i produksjonsfasen, og mye tid og ressurser tapes i forbindelse med skylddeling og tvister.

Denne studien undersøker hvordan tilgjengeliggjøring av BIM ut til byggeplassen kan forme og understøtte samhandling. Det ble tatt utgangspunkt i empiriske undersøkelser gjort på to byggeprosjekter over en periode på ca 4 måneder, der til sammen 12 prosjektdeltagere med ulike prosjektroller var med. Undersøkelsene ble gjort med en induktiv tilnærming, der «grounded theory» ble fulgt i datainnsamling og analysen av data. Metodene som ble valgt var observasjoner, gruppeintervjuer og personintervjuer.

Funnene ble kategorisert inn i bruksområder for BIM på byggeplass. Gjentatte ganger ga undersøkelsene de samme slutningene om bruksområdene, noe som gir studien høy reliabilitet. Slutningene om hvordan BIM på byggeplass bidrar til bedre tverrfaglig samhandling og økt effektivitet samsvarer godt med eksisterende litteratur, og studien vurderes derfor til å ha en god gyldighet. De empiriske undersøkelsene tok utgangspunkt i en programvare som var i konseptfasen, så deltagerne måtte forholde seg til hva som kunne være mulig, uten å teste det i praksis. På grunn av dette var det trolig forhold som ikke kom fram i undersøkelsene. Likevel anses studien for å være valid innenfor rammene som ble satt for studiets omfang.

For å tydeliggjøre hvordan bruksområdene for BIM på byggeplass former og understøtter samhandling, ble det valgt å gjøre en analyse opp mot anerkjent teori om samhandlingsformer i byggeprosjekter. Her ble «Integrated project delivery» (IPD) og Lean valgt på grunn av koblingen til tverrfaglighet og effektivitet. I et prosjekt som tar i bruk IPD danner aktørene en enhetlig prosjektledelse, der tillit og felles målsetting er viktige egenskaper. I tillegg tar man i bruk en felles pengesum som insentiv til å løse problemer. I prosjekter som jobber etter Lean-metoder er det fokus på kunde verdi, strømlineforming av utførelsen, hindring av aktiviteter som er ikke-verdiskapende, og kontinuerlig forbedring av utførelsen. Avgjørelsen om å bruke Lean og IPD ble styrket av at byggeprosjektene som ble undersøkt hadde kjennskap til disse måtene å samhandle på.

Studien identifiserte ni bruksområder for BIM på byggeplass. Disse er:

- Visualisering av modellen
- Uttak av objektinformasjon
- Fremdriftsplaner, gjøremål og andre leveranseplaner koblet til BIM
- Versjonskontroll og visualisering av endringer
- Generering av rapporter basert på kvalitets- eller HMS-avvik registrert i BIM
- Rask oppdatering av enkeltelementer, kobling mot objektdatabaser
- Oppretting av sak i modellen, og der oppfølgende dialog skjer tilknyttet modellen

- Sanntidskommunikasjon og virtuelle møter med skjermdeling
- Koordinering ved bruk av modell der oppfølging legges rett inn i modell

Analysen viser at disse bruksområdene støtter godt opp under samhandlingsformer som baseres på IPD og Lean, da den tverrfaglige kommunikasjonen blir bedre og mer effektiv. Studien viser også at bruksområdene forutsetter et nært samspill mellom aktørene for å realisere nytteverdiene.

For de utførende aktørene, som er entreprenørene, innebærer BIM på byggeplass kostnadsbesparelser grunnet et mer omfattende informasjonsunderlag og effektiviserte arbeidsprosesser. For de prosjekterende, som er rådgivende ingeniører og arkitekter, innebærer BIM på byggeplass kostnadsbesparelser grunnet raskere saksgang av prosjekteringsfeil eller endringer. For prosjekteier, som er byggherre og brukere, innebærer BIM på byggeplass økt bygningsverdi, samt kostnadsbesparelser grunnet anledningen til stor grad av oversikt og påvirkning underveis i prosjektet. I tillegg ligger det mye verdi i et godt dokumentasjonsunderlag for ettertiden.

Byggebransjen har et potensiale for økt effektivisering, og studien viser at BIM på byggeplass representerer muligheter for økt lønnsomhet.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	iii
Begreper og definisjoner	viii
1 Innledning	1
1.1 Samhandling som virkemiddel for økt lønnsomhet.....	1
1.2 Bakgrunn	1
1.3 Problemstilling	1
1.4 Formål og omfang	1
1.5 Oppgavens oppbygging	2
2 Teori	3
2.1 Byggeprosjektet.....	3
2.1.1 Byggeprosjektets faser	3
2.1.2 Entrepriseformer	4
2.1.3 Økt verdiskaping gjennom integrasjon og kommunikasjon.....	5
2.2 Samhandlingsformer i byggeprosjekter.....	7
2.2.1 «Integrated project delivery» - IPD.....	7
2.2.2 Lean.....	8
2.2.3 Kontrakt eller metode?.....	10
2.3 Bygningsinformasjonsmodell - BIM.....	10
2.3.1 BIM i praksis.....	11
2.3.2 BIM på byggeplass.....	12
2.3.3 Forutsetninger for BIM	12
2.4 BIM og samhandlingsformer i dagens prosjekter	12
3 Metode	14
3.1 Forskningsdesign.....	14
3.1.1 Grounded theory	14
3.2 Datainnhenting og analyse	15
3.2.1 Bakgrunn for den empiriske undersøkelsen.....	15
3.2.2 Gjennomføring	15
3.2.3 Lagring og analyse av innsamlede data	16
3.3 Litteraturstudie	17
3.4 Metodediskusjon	18

3.4.1 Reliabilitet.....	18
3.4.2 Validitet.....	18
4 Bruksområder for BIM på byggeplass	20
4.1 Viktige empiriske funn.....	20
4.1.1 Finne svar på usikkerhetsmomenter.....	20
4.1.2 Fremdriftsinformasjon tilgjengelig	20
4.1.3 Interaksjon mellom flere aktører.....	21
4.1.4 Dokumentering med BIM	22
4.1.5 Problemløsning i sanntid.....	23
4.2 Oversikt over bruksområder for BIM på byggeplass	24
4.2.1 Informasjonsuttak.....	24
4.2.2 Datalagring og -behandling.....	24
4.2.3 Problemløsning og kommunikasjon.....	25
5 Samsvar mellom bruksområder og samhandlingsformer.....	26
5.1 IPD	26
5.2 Lean.....	27
6 Diskusjon	28
6.1 Nyttieverdi for de enkelte aktørene	28
6.2 Mulige utfordringer med BIM på byggeplass	28
6.3 Nye teknologier	29
6.4 Mulighetsrommet	29
7 Konklusjon.....	30
8 Forslag til videre studier	31
Referanseliste.....	32

Figurliste

Figur 1 Illustrasjon av sammenheng mellom funn, bruksområder og analyse	2
Figur 2 Byggeprosessens faser og delprosesser. (Eikeland, 2001)	3
Figur 3 Byggherrestyrt sideentreprise. (Halvorsen et al., 2005)	4
Figur 4 Hovedentreprise. (Halvorsen et al., 2005)	4
Figur 5 Totalentreprise. (Halvorsen et al., 2005)	5
Figur 6 Illustrasjon av relativ forbedring.	6
Figur 7 Flytdiagram for Last Planner. (Ballard og Howell, 2003)	9

Tabelliste

Tabell 1 Oversikt over hovedaktiviteter i den empiriske undersøkelsen	16
Tabell 2 Nøkkelord brukt i database-søk	17

Begreper og definisjoner

Best practice: Den måten å jobbe på som frem til daværende tidspunkt har vist seg å fungere best.

BIM: Bygningsinformasjonsmodell; en objektbasert 3D-modell av en bygning. Bygningsinformasjonsmodellering; lagingen av den objektbaserte modellen.

BIM på byggeplass: Et begrep som i denne oppgaven innebærer tilgjengeliggjøring av bygningsinformasjonsmodeller (BIM), all den informasjon som kan kobles mot denne, samt muligheter for sanntidskommunikasjon, ute i felten på en byggeplass. Begrepet er konstruert spesielt for denne oppgaven.

BIM-koordinator: En prosjektrolle som skal sikre koordinering på tvers av fagene. Denne personen har vanligvis ansvar for sammenstilling, kontroll og behandling av bygningsinformasjonsmodellen.

BIM-prosjekt: Et byggeprosjekt som tar i bruk BIM som et verktøy for å understøtte prosjektets prosesser.

BIM-nivå: Hvor avansert et byggeprosjekt er i bruken av BIM. BIM-nivået øker jo mer integrert aktørene jobber rundt BIM, og jo flere funksjonaliteter som tas i bruk. (Succar, 2010)

Byggherre: Den organisasjon eller person som etableres eller utpekes for å utvikle, bestille, administrere, styre og overta et byggeprosjekt. Byggherren kan ha en eller flere av rollene som bruker, eier, utleier, finansier, eiendomsutvikler, eller utbygger, tiltakshaver og oppdragsgiver. (Meland et al., 2009)

Entreprenør: Utfører produksjonsarbeidet i et byggeprosjekt.

Entrepriseform: En måte å organisere aktørene i et byggeprosjekt på.

IPD (eng.) «Integrated Project Delivery»: En prosjektmetodikk som søker å øke den totale verdiskapingen i et byggeprosjekt gjennom nært samspill mellom aktørene. Aktørene deler risiko og gevinster. IPD vil gjerne gjennomføres som en entrepriseform.

Kontrahering: Inngåelse av en avtale. Denne kan være mellom byggherre og prosjektleverandør (entreprenør, rådgivende ingeniør, underleverandør osv).

Kunde verdi: Den verdien kjøperen opplever av et produkt eller en tjeneste. Dette kan være en blanding av konkrete og ikke-konkretiserbare verdier.

Lean: Et produksjonsmetodikk med fokus på kunde verdi, fjerning av ikke-verdiskapende aktiviteter, og konstant forbedring.

Nytte verdi: Fordelene de involverte aktørene har.

Prosjekteier: Den eller de som betaler for gjennomføringen av et prosjekt, og som sitter igjen med resultatet. Prosjekteier har ofte rollen som byggherre.

Prosjektleverandør: En aktør som leverer et produkt eller en tjeneste til prosjektet. Dette kan i et byggeprosjekt være arkitekt, rådgivende ingeniører, entreprenører, underentreprenører, materialleverandører osv.

ROI (eng.) «Return on Investment»: Hvor stort utbytte/profitt man får som et resultat av en investering.

Sluttprodukt: Resultatet av et byggeprosjekt. Vil i all hovedsak bestå av bygningen/konstruksjonen og tilhørende attributter.

1 Innledning

1.1 Samhandling som virkemiddel for økt lønnsomhet

Økt spesialisering skaper et økt behov for samhandling. Hvordan en slik samhandling gjøres i praksis, og hvilke rutiner dette innebærer for den enkelte bedrift og dens ansatte, varierer mye.

Et eksempel på nødvendig samhandling er hvordan aktørene i den norske olje- og gassbransjen samhandler for å sikre forutsigbare leveranser av høy kvalitet. Samhandling kan være både ressurskrevende og utfordrende. Derfor er det utviklet et konsept for olje- og gassaktørene som skal sikre at samhandlingen blir effektiv og lønnsom. Dette konseptet kalles integrerte operasjoner. På Senter for Integrerte Operasjoner i Petroleumsindustrien (IO Center) ved NTNU gir man denne beskrivelsen: Integrerte operasjoner er integrering av mennesker, arbeid, prosesser og teknologi på en slik måte at man tar smartere avgjørelser og bedrer utførelsen. Integrerte operasjoner muliggjøres gjennom bruk av sanntidsdata, samhandlingsteknikker og ekspertiser fordelt over flere disipliner, organisasjoner og geografiske lokasjoner. (Oversatt fra IO-Center, 2013)

Den norske byggebransjen er også en bransje med høy grad av spesialisering. Flere aktører opplever at det er utfordrende å skulle produsere mer effektivt, og samtidig møte byggherres stadig økende krav, i en fragmentert bransje med høy grad av prisbasert konkurranse. Samhandlingskompetanse er nøkkelen til større marginer (Bongiorni, 2011; Eastman et al, 2011). Derfor har man sett flere samhandlingsbaserte tiltak, både i form av forskning og i form av bransjens bruk av nye arbeidsformer og digitale verktøy (Meland et al., 2009; Høybakken et al., 2000).

Den norske bygg- og anleggsbransjen omsatte for 360 milliarder i 2011, og hadde da omtrent 200 000 sysselsatte (SSB, 2012). Tall fra forskning viser at reduksjon av ulønnsom tidsbruk og reduksjon i antall feil, vil kunne gi mellom 10 -30 % besparelser (Veiseth et al., 2004). Dette viser at det er en stor potensiell økonomisk oppside ved å finne bedre måter å gjennomføre prosjektene på.

Bruken av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) har vist seg som et lønnsomt verktøy i prosjektgjennomføringen. BIM har en rekke bruksområder, slik som kollisjonskontroll og mengdeberegninger. Men BIM brukes først og fremst som en felles plattform for tverrfaglig informasjonsutveksling. Dersom informasjonsflyt og samhandling øker verdiskapingen i prosjektene, er det grunn til å tro at informasjonstilgjengelighet ut på byggeplassen vil ha de samme positive effektene. Verdien av å bringe BIM, og all tilknyttet informasjon, ut til byggeplassen har i liten grad blitt undersøkt. En av grunnene til dette har vært mangelen på teknologi som gjør BIM på byggeplass økonomisk og praktisk mulig, men slik teknologi er under utvikling.

Dette er utgangspunktet for denne studien, som har som formål å undersøke hvordan BIM på byggeplass kan forme og understøtte samhandling i byggeprosjekter.

1.2 Bakgrunn

I løpet av det toårige masterstudiet «NTNUs Entreprenørskole» har jeg vært med å starte opp en IT-bedrift som retter seg mot byggebransjen. IT-bedriften jobber med å utvikle en programvare for tilgjengeliggjøring av BIM. Behovsundersøkelser gjort i tilknytning til to byggeprosjekter ga et omfattende datagrunnlag, og deler av dette datagrunnlaget blir brukt som empirisk grunnlag for denne studien.

1.3 Problemstilling

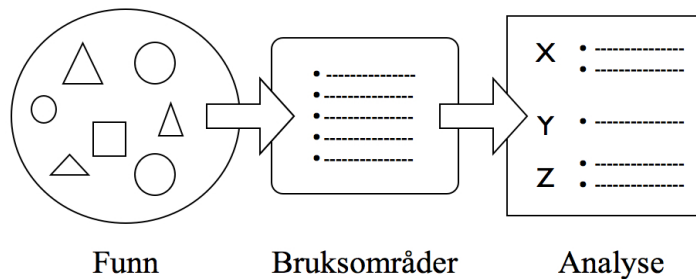
Hvordan kan BIM på byggeplass forme og understøtte samhandling i byggeprosjekter?

1.4 Formål og omfang

Begrepet «BIM på byggeplass» brukes i denne oppgaven om et konsept som innebærer tilgjengeliggjøring av bygningsinformasjonsmodeller (BIM), all den informasjon som kan kobles mot denne, samt muligheter for sanntidskommunikasjon med BIM ute i felten på en byggeplass. Begrepet

rommer alle bruksområdene som kan knyttes til en slik plattform for kommunikasjon og informasjonsdeling.

Oppgaven skal beskrive mulige bruksområder for BIM på byggeplass, der funnene er basert på en empirisk undersøkelse. Videre skal oppgaven svare på hvordan BIM på byggeplass kan forme og støtte opp under samhandling som baseres på «Integrated project delivery» (IPD) og Lean. Figur 1 illustrerer sammenheng mellom funn, kategorisering av bruksområder, og analyse i forhold til teori.



Figur 1 Illustrasjon av sammenheng mellom funn, bruksområder og analyse

Denne oppgaven gir ikke en rangering av bruksområdene for BIM på byggeplass, basert på for eksempel lønnsomhet eller nytteverdi. Det er heller ikke undersøkt hva de faktiske investeringskostnadene og -gevinstene («ROI») vil være for de oppgitte bruksområdene.

Besvarelsen er basert på førstehåndsdata hentet inn gjennom intervjuer, «workshops» og observasjoner i to byggeprosjekter som benytter BIM, samt litteraturstudier av BIM, IPD og Lean.

1.5 Oppgavens oppbygging

Kapittel 2, Teori: Gjennom beskrivelsen av hvordan et byggeprosjekt blir gjennomført, kommer det fram at fagspesialisering øker behovet for samhandling og organisatorisk integrering. Det beskrives hvordan samhandling kan skape økt lønnsomhet. BIM er et verktøy som kan styrke samhandling og kunnskapsoverføring i prosjekter, og er utgangspunkt for «BIM på byggeplass». Derfor presenteres måter BIM blir brukt i prosjektgjennomføringen i dagens prosjekter.

Kapittel 3, Metode: Metodene og prosessene brukt for å finne svar på oppgavens problemstilling, presenteres. Det diskuteres om forskningsdesignet gjør resultatene troverdige og gyldige.

Kapittel 4, Resultat: Her presenteres viktige funn som viser hvordan bruksområder for BIM på byggeplass kan fungere i et byggeprosjekt. Det gis videre en oversikt over de enkelte bruksområdene for BIM på byggeplass.

Kapittel 5, Analyse: For å gi et mer dyptgående svar på problemstillingen blir funnene sett i sammenheng med teori om ulike samhandlingsformer i byggeprosjekter. Det analyseres hvordan BIM på byggeplass understøtter samhandling som baseres på IPD og Lean. Disse teoriene blir beskrevet i teori-delen.

Kapittel 6, Diskusjon: Diskusjonen tar for seg en helhetlig nyttevurdering, samt mulige utfordringer knyttet til BIM på byggeplass.

Kapittel 7, Konklusjon: Basert på resultatet og diskusjonen gis et konkluderende svar på hvordan BIM på byggeplass kan forme og understøtte samhandling i byggeprosjekter.

Kapittel 8, Videre studier: Oppgaven avsluttes ved å foreslå tema for videre studier.

2 Teori

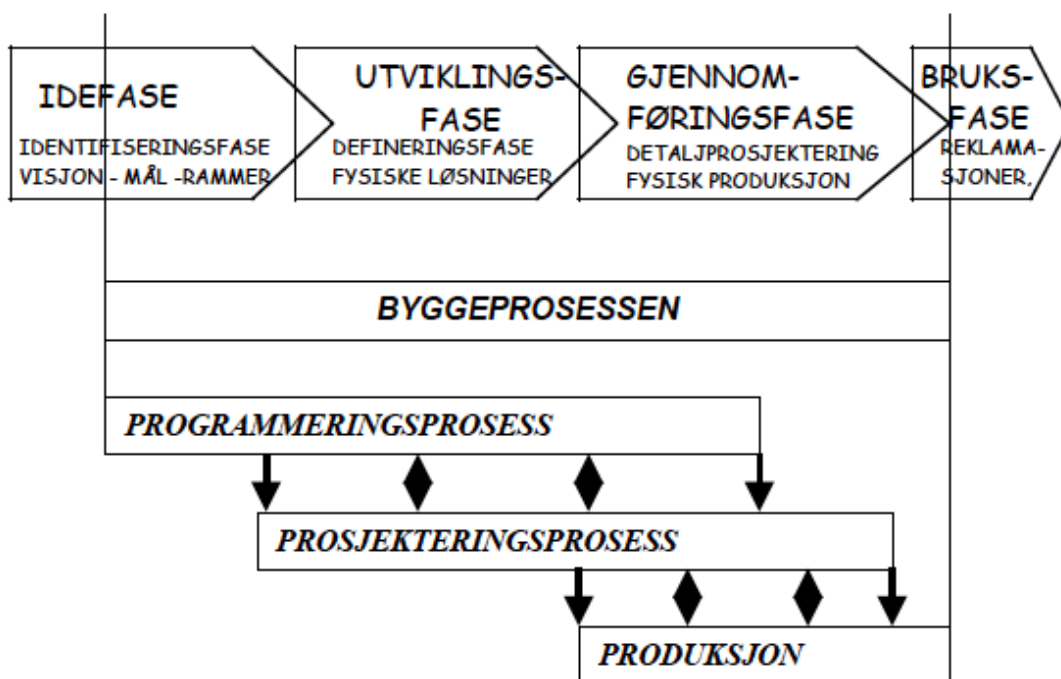
2.1 Byggeprosjektet

Her gis en overordnet beskrivelse av hvordan et byggeprosjekt gjennomføres. Dette danner grunnlag for å si noe om behovet for samhandling i et byggeprosjekt.

2.1.1 Byggeprosjektets faser

Det store flertallet av byggeprosjekt kan deles inn i fire generiske hovedfaser (Eikeland, 2001).

- Idéfase: Overordnet målsetting, konseptutvikling og prosjektskisser, programmering basert på kundeønsker
- Utviklingsfase: Valg av løsninger basert på kravspesifikasjon fra idefasen, forprosjekt og detaljprosjektering
- Gjennomføringsfase: Innkjøp, logistikkplanlegging, produksjon, koordinering og planoppfølging
- Bruksfase: Overtagelse, drift og vedlikehold, ombygging og utvikling



Figur 2 Byggeprosessens faser og delprosesser. (Eikeland, 2001)

Slik figur 2 viser vil programmering, prosjektering og produksjon være løpende prosesser som overlapper hverandre over en lengre periode. Dette gjøres primært for å spare tid (Eikeland, 2001). Senere i denne studien belyses det hvordan overlappingen også kan være årsak til at man taper tid i produksjonsfasen.

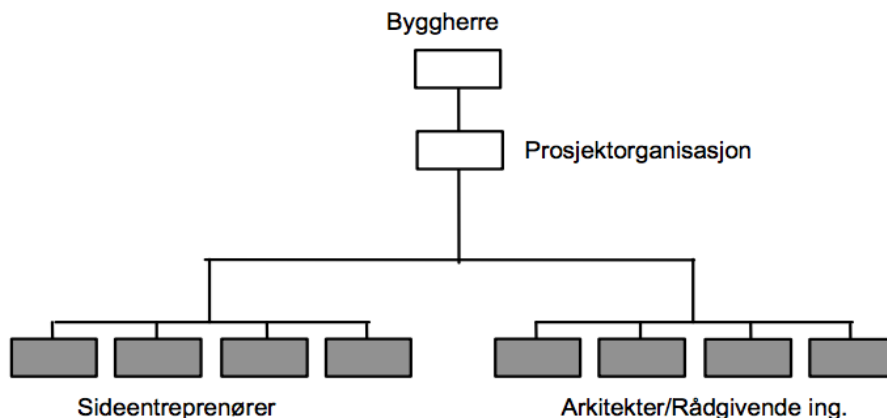
Hvordan aktørene er knyttet sammen, både organisatorisk og juridisk, kommer fram av entreprisemodellen og kontraktsformen som velges i det enkelte prosjektet. Disse organisatoriske valgene avgjør også på hvilket tidspunkt i prosessen de ulike aktørene kontraheres inn i prosjektet. Videre presenteres aktuelle entreprisformer.

2.1.2 Entrepriseformer

Utførelsesentreprise

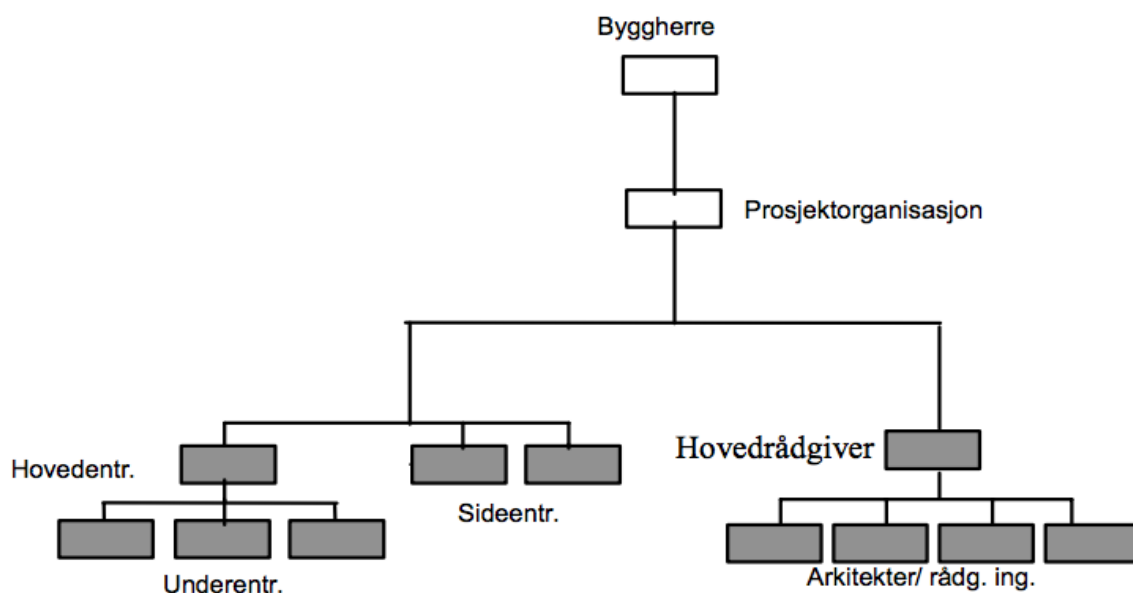
I utførelsesentrepriser har byggherre ansvaret for prosjekteringen og produksjonsunderlaget, og entreprenøren har ansvaret for produksjonen. Det er byggherren som har ansvar for koordineringen mellom disse partene. (Anskaffelser.no, 2013) Figur 3 illustrerer hierarkiet.

Rapporten «Byggherren i fokus» (Halvorsen et al., 2005) beskriver de viktigste argumentene for bruk av en delt leverandørorganisasjon: Ved å først inngå avtale med arkitekter og rådgivende ingeniører kan byggherren komme langt i prosjekteringen før entreprenører involveres. Dette reduserer usikkerhetsmomentene både internt og eksternt, og byggherren får full styring og kontroll på prosjekteringen uten at dette medfører kostnader utover normale markedspriser. Sterk adskillelse av leverandørene gjør at hver post er utsatt for større konkurranse, noe som reduserer investeringskostnaden.



Figur 3 Byggherrestyrt sideentreprise. (Halvorsen et al., 2005)

En ulempe med byggherrestyrte entrepriser er at koordineringen av de mange kontraktspartene krever betydelig administrativ kapasitet, og det kan være vanskelig å plassere ansvar. For å redusere antall direkte kontraktsparter blir gjerne hovedentrepriser brukt. (Halvorsen et al., 2005) Slik figur 4 viser blir da hovedentreprenøren og hovedrådgiveren ansvarlig for administreringen av underleverandørene, og påtar seg økonomisk ansvar og risiko.

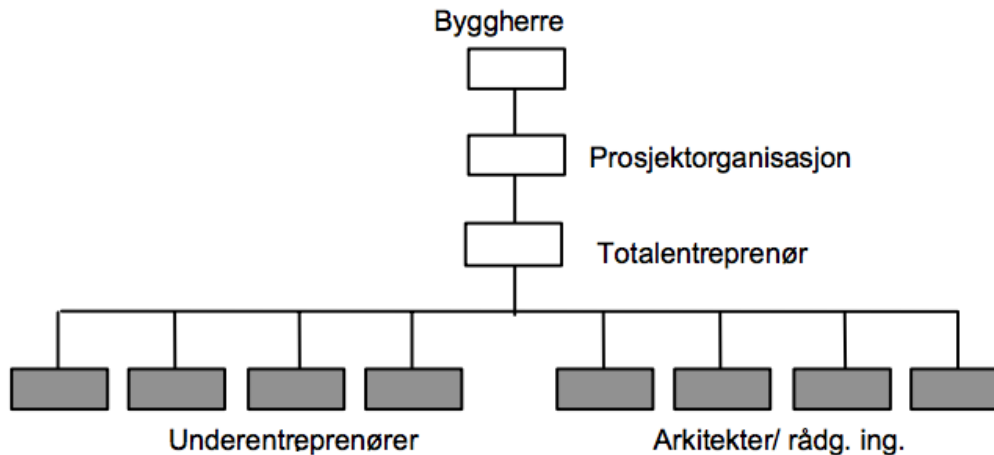


Figur 4 Hovedentreprise. (Halvorsen et al., 2005)

En ulempe ved hovedentrepriser er at byggherre får redusert innsikt i utførelsesfasen, og at graden av konkurranseutsettelse minker, da det er færre bedrifter som kan ta på seg rollen som hovedentreprenør (Halvorsen et al., 2005).

Totalentreprise

I en totalentreprise legger byggherren grunnlaget for prosjektet, og en entreprenør får hele ansvaret for både prosjektering og produksjon. Det er entreprenøren som kontraherer arkitekter, rådgivende ingeniører og underentreprenører (Halvorsen et al., 2005). Figur 5 illustrerer prosjekthierarkiet.



Figur 5 Totalentreprise. (Halvorsen et al., 2005)

En av fordelene med totalentreprisen er at man raskt får oversikt over kostnader, og at byggherre får færre kontraktsparter å forholde seg til. En ulempe for byggherren er at det ikke ligger enhetspriser i grunn for å beregne kostnader av endringer. Dette øker kravene til byggherrens kompetanse. (Anskaffelser.no, 2013)

Samspillsentreprise

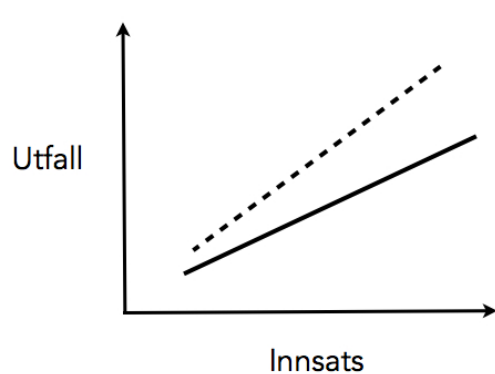
I samspillsentreprisen etableres det et prosjekt-team der de viktigste prosjekterende og utførende deltar i et forprosjekt (Anskaffelser.no, 2013). Byggherren har ansvaret for funksjonsspesifikasjonen og sitter gjerne med prosjektlederansvaret. Det vektlegges at alles innspill kommer på bordet, slik at man velger de beste løsningene totalt sett. Dersom det vedtas å realisere prosjektet kan man enten gå videre som en totalentreprise, eller man kan fortsette som samspillsentreprise med incitament, der man lager en avtale for hvordan en overskridelse/underskridelse av målpris skal fordeles mellom aktørene. Fordeler med en slik entreprisform er at man tidlig i prosjektet får fokus på praktisk utførelse (Anskaffelser.no, 2013).

Samspillsentreprisen bygger på prinsipper for IPD. Prosessene som inngår i en slik samhandling beskrives senere i denne oppgaven.

2.1.3 Økt verdiskaping gjennom integrasjon og kommunikasjon

Dette delkapittelet fremstiller hvilke muligheter aktørene i et byggeprosjekt har for økt verdiskaping, i rollen som oppdragsgiver (byggherre) eller leverandør (rådgivende ingeniør eller entreprenør). Dette danner grunnlag for å forstå hva som driver bruken av samhandling, samtidig som det viser at en oppdragsgiver og en leverandør i utgangspunktet har ulike perspektiver på hva en forbedring innebærer.

Den viktigste årsaken til endring i hvordan et byggeprosjekt gjennomføres vil for alle de involverte aktørene være relativ økning i verdi per innsats. En forenkling av hva verdi er for de involverte aktørene gjør det mulig å beskrive hvordan aktørene har ulike alternativer for økonomisk forbedring. Illustrasjonen i figur 6 viser prinsippet for relativ forbedring der den stiplede linjen representerer et bedre utfall per nedlagt innsats.



For en leverandør baseres verdiskapingen på:

$$\Delta \text{ Inntjening} / \Delta \text{ Kostnad}$$

For en oppdragsgiver baseres verdiskapingen på:

$$\Delta \text{ Produktverdi} / \Delta \text{ Utgift}$$

Figur 6 Illustrasjon av relativ forbedring.

Produktverdi vil for oppdragsgiver være knyttet til kvalitet. Samset (1998) (som sitert i Eikeland, 2001) beskriver kvalitet ut i fra tre perspektiver med hver sin grad av langsiktighet og usikkerhet:

- Det operasjonelle perspektivet, hvor suksessen måles i forhold til oppstilte krav til kvalitet, kostnader og tid (ferdigstillelse)
- Det taktiske perspektivet, hvor prosjektets brukbarhet, relevans og virkning i forhold til eierens og brukernes virkelighet står i fokus
- Det strategiske perspektivet, som gjelder de samfunnsmessige virkningene av prosjektet i forhold til langsiktig utvikling, hvor målene kan grupperes i bærekraftig utvikling, vekst og behovstilfredsstillelse

Med andre ord vil produktverdi for oppdragsgiver alltid være sammensatt av prosjekteierens og brukernes rasjonelle og emosjonelle vurderinger av verdi, men kan oppsummert sies å være basert på fremtidig bruk, utleie eller salg (Eikeland, 2001).

Prosjekteieren har som hovedmål å få et bygg som er i henhold til sine ønsker, på en billigst mulig måte. For å gjøre det billigere kan kunden enten redusere utgiftene på et gitt leveransekrav gjennom prisbasert konkurranse, eller så må det tilføres noe som hever sluttproduktets verdi selv om utgiftene er satt. Dette resulterer i den logiske slutningen at prosjekteieren er interessert i å bidra til en forbedring og effektivisering av gjennomføringen på en slik måte at a) sluttproduktets verdi øker, eller at b) de totale utgiftene synker.

I prosjekter der anskaffelser skjer på grunnlag av prisstyrt konkurranse, hvilket er de fleste byggeprosjekter i Norge i dag, vil ikke leverandørene ha mulighet til å øke betalingsviljen i det enkelte prosjektet. Dette resulterer i den logiske slutningen at en leverandør som får oppdrag kun ut i fra pris er interessert i å forbedre og effektivisere gjennomføringen for å senke kostnadene.

I Eikeland (2001) omtales kostnadsreduksjon gjennom effektivisering som indre effektivitet, og høynet verdi av sluttprodukt gjennom bedre prosesser som ytre effektivitet. Videre fremstilles en hypotese om at dersom økt verdiskaping for prosjektets eier (gjennom ytre effektivitet) kan komme de utførende til gode, har man et insentiv til økt indre effektivitet.

Sitat: *En grunnleggende hypotese for utvikling av nye samarbeidskontrakter er at slik deling av det økonomiske resultatet vil gi grunnlag for bedre samspill og derved øke det resultatet som er til fordel, på kort eller lang sikt.* (Eikeland, 2001) Og det er denne logiske slutningen som har dannet basisen for IPD, som beskrives senere i teoridelen.

De utførende entreprenørene må uansett ha en kontaktflate mot arkitekt og rådgivende ingeniører for å iterere over prosjekteringsgrunnlaget. Og byggherre og brukere har behov for en kontaktflate mot prosjekteringsgrunnlaget slik at utførelsen blir i henhold til brukerønskene. Med andre ord er et hvert prosjekt avhengig av en viss grad av integrasjon for å kunne levere. I en studie utført av Fergusson og

Teicholz (1996) ble det sett på om graden av integrasjon var relatert til kvaliteten på det som ble bygget. Integrasjon var definert som flyten av kunnskap og informasjon i tre dimensjoner: vertikalt (mellom industrifunksjoner som prosjektering, produksjon og drift), horisontalt (mellom disipliner, som rådgivende ingeniører, arkitekt, og ledelse), og langsgående (tid), gjennom organisatoriske og tekniske former for koordinering. (Fergusson og Teicholz, 1996) Denne studien indikerte en sterk korrelasjon mellom graden av integrasjon og kvaliteten på sluttproduktet.

Studier av Johannessen og Rosendahl (2010) viser at kommunikasjon mellom medarbeidere er en av de viktigste faktorene for motivasjon og produktivitet på arbeidsplassen. Sitat: *Kognitiv motivasjonsteori sier at kommunikasjon kanskje er det viktigste virkemiddelet vi har. God kommunikasjon er "limet" og er vesentlig for bl.a. å motivere, koordinere, utvikle og endre, markedsorientering, brukerorientering og kundeorientering, og for beslutningsfatning. Kommunikasjon eller fraværet av god kommunikasjon har vist seg som den enkeltfaktor som har ført til de største negative resultatene.* (Johannessen og Rosendahl, 2010) Dette viser at økt kommunikasjon på arbeidsplassen i seg selv kan være et virkemiddel for økt verdiskapning.

2.2 Samhandlingsformer i byggeprosjekter

I tradisjonelle prosjekter der aktørene er spesialiserte og har lav grad av effektiv integrasjon, ser man ofte en del tap. En rekke fagmiljøer jobber med finne ut hvordan man kan unngå slike tap. Her belyses to anerkjente teorier om systematisert samhandling, og hvordan metodene/konseptene utspiller seg i et byggeprosjekt. Teoriene som presenteres er valgt på bakgrunn av funn i den empiriske undersøkelsen, samt et krav om anerkjennelse. Senere i oppgaven gjøres en analyse av hvordan BIM på byggeplass former og understøtter samhandling som baseres på IPD og Lean.

2.2.1 «Integrated project delivery» - IPD

«Integrated project delivery» (IPD) er et konsept som har til hensikt å øke verdien av et byggeprosjekt gjennom bruken av nytenkende samhandlingsrutiner og utradisjonelle insentiver. Som kontraktsform har den likhetstrekk til «partnering» og «joint venture», og regnes som en utradisjonell kontraktsform (Bongiorni, 2011). IPD vil i norske prosjekter utspille seg som en variant av samspillentreprisen. I følge El Asmar og Hanna (2012) er det stor oppmerksomhet rundt utviklingen og prøvingen av IPD, selv om bruken har blitt målt til å være relativt liten på nåværende tidspunkt. Mange aktører ser at det er aktuelt å ta i bruk når rammebetingelsene blir tydeligere og konseptet har blitt testet mer. (Bongiorni, 2011)

Prinsipper for IPD

The American Institute of Architects (AIA, 2007) definerer IPD som: En prosjekttilnærming som integrerer mennesker, systemer, forretningsstrukturer, og praksiser i en prosess som gjennom samhandling utnytter prosjektdeltagernes talent og innsikt for å optimalisere prosjektresultatet, øke verdien for prosjekteieren, redusere avfall, og maksimere effektivisering gjennom alle fasene av prosjektering, fabrikkering og produksjon.

Grunnlaget for IPD ligger i en avtale mellom alle aktørene (eier, arkitekt, rådgivende ingeniør og entreprenør) om å fungere som en enhet med felles hensikter og mål. Konseptet bygger på ideen om at kjerne-teamets medlemmer blir mer ansvarlige/pålitelige, kreative og produktive når de har eierskap til og ansvar for sluttresultatet. En annen del av grunnlaget er at man søker å utnytte kunnskapsbidragene og ekspertisen gjennom bruk av teknologi. (AIA, 2007)

I en ideell tilstand omfatter IPD mange av de følgende egenskapene (AIA, 2007; Bongiorni, 2011):

Gjensidig respekt og tillit: I et IPD-prosjekt har eier, arkitekt, rådgivere, entreprenører, underentreprenører og leverandører en felles forståelse for verdien av samhandling, og de er dedikert til å jobbe ut i fra prosjektets beste.

Gjensidig nytte: Alle deltagerne skal tjene på et IPD-prosjekt. Kompensasjonsstrukturen må ta høyde for og belønne tidlig involvering. Kompensasjonen bør være basert på den tilførte verdien en bedrift

skaper, og risiko bør allokere på en rettferdig måte. IPD-prosjekter skal bruke innovative forretningsmodeller for å støtte opp om, heller enn å motvirke, samhandling og effektivitet.

Tidlig involvering: For å utnytte den samlede kompetansen i det integrerte teamet bør alle nøkkeldeltagere, med sine ulike fagbakgrunner, involveres på et tidligst mulig tidspunkt. Rollene og oppgavene blir ikke tildelt basert på en begrenset definisjon, men fordeles ut i fra hvem som er best egnet til jobben. Deltagernes innsikt blir verdsatt i en kultur som oppfordrer til innovasjon og enestående ytelse.

Tidlig definering av mål: Prosjektets mål utformes tidlig og avtales mellom alle deltagerne. Gjennom et felles fokus på prosjektmålene, inkludert mål i et livssyklusperspektiv, realiserer man den potensielle verdien i ingeniørfagenes ytelser.

Utvidet kommunikasjon: Fokuset på teamets ytelse er basert på åpen, direkte og ærlig kommunikasjon mellom alle deltagerne. Ansvarsområdene er tydelig definert i et miljø der man unngår å bruke tid og krefter på å beskyelde hverandre for feil. Dette leder til identifisering og løsning av problemer, framfor erstatningssaker. Tvister tas tak i etter hvert som de dukker opp, og løses raskt.

Intensivt planlegging: IPD-tilnærmingen anerkjenner at økt innsats i planleggingsfasen resulterer i økt effektivitet og besparelse under utførelse. I et IPD-prosjekt er det ønskelig å forbedre prosjekteringsresultatene, og strømlinjeforme den mer kostbare produksjonsinnsatsen.

Hensiktsmessig teknologi: Integrerte prosjekter vil ofte være avhengig av nyskapende teknologi for å støtte opp under den ønskede informasjonsflyten. Valg av teknologi bør spesifiseres ved prosjektoppstart for å maksimere nytteverdien for alle deltagerne. I tillegg er det viktig at dataene flyter godt. For å oppnå dette bør det velges åpne standarder og transparente datastrukturer, der man unngår å måtte investere i kostbare løsninger for å oppnå integrering mellom programvarer.

Lederskap og organisering: Prosjektteamet er en organisasjon i seg selv, der alle teammedlemmene er dedikerte til felles mål og har felles verdier. Ofte vil prosjekteringsbedrifter og entreprenører ta lederskapet i arbeid som innebærer deres tradisjonelle kompetanser, men rollestrukturen bestemmes i utgangspunktet i det enkelte prosjektet. Roller får tydelige definisjoner, uten at man skaper barrierer for en god samhandling.

Dersom disse prinsippene skal etterfølges, er det lett å forstå at noen forretningsmodeller vil være bedre enn andre. For eksempel vil en byggherrestyrt entreprisform umuliggjøre en tidlig involvering av både designere og entreprenør, og vil derfor være et svært dårlig utgangspunkt for et IPD-prosjekt. Derimot er IPD-prosjekter god egnet for forretningsmodeller som:

- Promoterer tidlig involvering av nøkkeldeltagere
- Skaper en rettferdig fordeling av risiko og gevinst
- Har kompensasjonsstrukturer som belønner oppførsel i henhold til prosjektets beste
- Tydelig definerer ansvar uten å skape problemer for åpen kommunikasjon
- Implementerer ledelse og kontrollstrukturer som bygger på fasiliterte team-avgjørelser (AIA, 2007)

2.2.2 Lean

Lean-tankegangen har bakgrunn fra metoden Toyota tok i bruk i produseringen av sine biler (Krafcik, 1988). En lang rekke metoder og verktøy har blitt utviklet basert på de grunnleggende prinsippene fra Lean. Noen av metodene blir presentert i dette delkapittelet. Prosess-filosofien i Lean bygger på et prinsipp om å fjerne all sløsing, eller «waste», som defineres som ikke-verdiskapende ressursbruk.

Det er fem prinsipielle aktiviteter som ligger i grunn (Womack og Jones, 2010):

1. Definer kunde verdi: Spesifiser hva verdi for kunden innebærer for hvert produkt.

2. Definer verdikjeden: Identifiser alle trinn og aktiviteter i verdikjeden, slik at all ikke-verdiskapende praksis kan fjernes.
3. Skap «flyt»: Få de verdiskapende prosessene til å følge en tett og samkjørt rekkefølge slik at produktet «flyter» mot kunden
4. Innfør «pull»-effekt: La kundens etterspørsel drive produksjonen, og produser kun basert på bestillinger.
5. Etterstrebe perfektjon: Etter at alle de foregående trinnene er gjort, begynnes prosessen på nytt, og den gjentas helt til man har en optimal løsning.

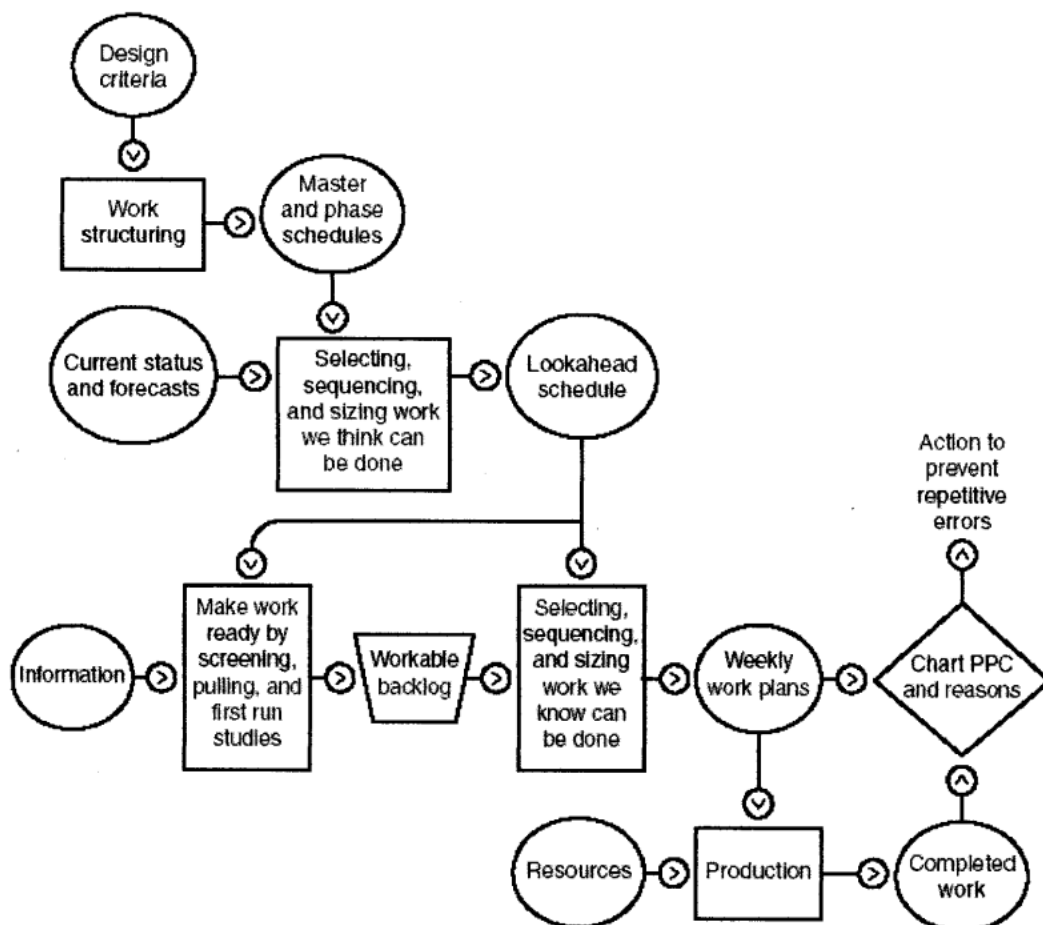
Ballard og Howell (2003), sitert fra Koskela (2000), påpeker at Lean-produksjonssystemer er designet til å oppnå tre fundamentale mål: Å levere produktet, maksimere verdiskapingen, og minimere det som er ikke-verdiskapende («waste»).

Prinsipper for Lean produksjonssystem-design inkluderer for eksempel: å strukturere arbeid slik at verdiskaping genereres, å forstå, kritisere og utvide kundehensikter, og å øke kontrollen over systemet (evnen til å realisere hensiktene). Essensen av Lean produksjon er likevel forbedring og respekt for sine medarbeidere og omgivelser. (Larman og Vodde, 2009)

Koskela (2000) fremmer i sitt arbeid en beskrive av syv forutsetninger som må være til stede for at en gitt arbeidsoppgave kan utføres optimalt: De forutgående aktivitetene er avsluttet, materialene, hjelpemidlene og utstyret, personell og informasjonsgrunnlaget må være på plass, samt at de ytre omgivelsene ikke må hindre jobben. Oppfylles disse forutsetningene betegnes aktiviteten som «sunn».

Praktiske anvendelser av Lean

Koskela's syv forutsetninger er de samme som ligger i bunn for styringsverktøyet Last Planner. Tanken bak denne prosedyren er at planleggingen skal legges så tett opp mot den faktiske oppgaven som praktisk mulig. (Ballard, 2000). Flytdiagram for Last Planner vises i figur 7.



Figur 7 Flytdiagram for Last Planner. (Ballard og Howell, 2003)

Sett i sin helhet tilfører Last Planner et produksjons-kontrollsystem inn i systemet for prosjektledelse. Last Planner kan forstås som å være en mekanisme som transformerer det som burde gjøres, til det som kan gjøres, og som dermed gir grunnlag for periodiske arbeidsplaner. Og når planen ligger klar, har man forpliktet seg til det man skal gjøre (Ballard, 2000).

Et system som Last Planner bygger i likhet med IPD på en ide om forbedring og effektivisering gjennom god koblingen av prosesser, systemer og mennesker. Men der IPD har fokus på insentiver og kontraktsformer, har Last Planner fokus på selve arbeidsutførelsen, og er i utgangspunktet rettet mot byggefasen.

En annen prosedyre for praktisk anvendelse av teori fra Lean er Trimmet Bygging. I denne norske varianten av Lean produksjon forsøker man å koble prinsippene for effektiv gjennomføring til hele prosjektforløpet. Gjennom byggingen av nye St. Olavs Hospital i Trondheim har man utviklet og testet bruken av Trimmet Bygging. Her gav man denne definisjonen, sitat: *Trimmet Bygging er en metode for bedre planlegging av byggeprosessen gjennom involvering av alle parter i byggesaken.* (Byggekostnadsprogrammet, 2010). Prinsippene fra Lean ble også brukt på prosjekteringsprosessen, og samhandlings-elementet omfattet både problemløsning i fellesskap og kontraktuelle forhold. (Byggekostnadsprogrammet, 2010)

I likhet med IPD vil man med Trimmet Bygging opprette en prosjektorganisasjon som er unik for prosjektet, der beslutningsmyndighet delegeres til folk basert på kvalifikasjoner.

I nybyggene ved St. Olavs Hospital ble hver etasje definert som kontrollområder, og hvert kontrollområde hadde en sekvens med aktiviteter som skulle gjennomføres. Disse ble kalt bølger, og gjennomføringen fulgte de syv forutsetningene beskrevet i Koskela (2000) for en sunn oppgavegjennomføring. (Byggekostnadsprogrammet, 2010)

Både Last Planner systemet og Trimmet Bygging har store økonomiske fordeler ved at krav fra byggherre foreligger så tidlig som mulig. Endringer underveis i prosjektet kan raskt føre til store ekstrakostnader. I prosjektet St. Olavs Hospital ble det valgt å innføre en egen fase for brukerstyrte endringer. Ekstrakostnader som påløp i denne fasen tok byggherren. (Byggekostnadsprogrammet, 2010)

2.2.3 Kontrakt eller metode?

Både i litteraturen og i praksis legger man forskjellig innhold i begrepene IPD og Lean. I Smith (2011) blir det hevdet at IPD har blitt utformet som en kontraktsform med visse prosesser, mens Lean, og tilhørende metoder og taktikker, er tilpasningsdyktig til de fleste kontraktsforhold. Lean-metodene vil være lettere å ta i bruk i noen prosesser enn andre, men er i utgangspunktet ikke kontraktsbundet.

Howell (1999) mener at Lean-metodene tar tak i problemene relatert til de fysiske utfordringene i prosjektet, mens IPD ikke kommer inn på hvordan man faktisk skal gjennomføre. På den måten plasserer han Lean og IPD som to vidt forskjellige konsepter, noe som står i kontrast til hvordan Lean- og IPD-teoretikerne selv presenterer konseptene.

I denne oppgaven legges det ikke vekt på rammebetingelser som kontraktsforhold, men heller hvordan prosjektdeltagerne utfører de tverrfaglige samhandlingsprosessene.

2.3 Bygningsinformasjonsmodell - BIM

BIM defineres på flere måter. En av de mest brukte er den doble betydningen, der BIM defineres som både et produkt og en prosess. Her er produktet en digital representasjon av fysiske og funksjonelle karakteristikk av en bygning, og prosessen er måten man genererer og utnytter denne dataen på gjennom byggets livssyklus. (Eastman et al., 2011; Statsbygg, 2013; buildingSMART, 2012; SEC, 2013)

BIM har også fått betydningen «Building Information Management». Dette begrepet innebærer organiseringen og kontroll av forretningsprosessene på en slik måte at man utnytter de fordelene den digitale prototypen kan gi. (buildingSMART, 2012)

Det er store forskjeller i hva som egentlig menes når noen sier at de «tar i bruk BIM i sine prosjekter». Det finnes flere eksempler i litteraturen der det er forsøkt å definere ulike grader av BIM og hva dette konkret innebærer. Blant annet har begrepene «little BIM» og «big BIM» fått et visst fotfeste som begreper (Jernigan, 2008). En annen beskrivelse er Succar (2010) sine tre BIM-nivåer:

Nivå 1, Objektbasert modellering: Objektbaserte tredimensjonale (3D) programvarer brukes. Bruk av modellene har gjerne som formål å automatisere generering og koordinering av 2D-dokumenter, samt noe 3D-visualisering. Det er lite samhandling mellom fagene.

Nivå 2, Modellbasert samhandling: Aktiv samhandling med bruk av BIM-programvarer på tvers av fagfelt, og på tvers av prosjektfaser. Åpne formater brukes av noen. Rollene og fasene skilr mer over i hverandre, og det blir nødvendig med kontrakter som støtter opp under den nye arbeidsflyten.

Nivå 3, Nettverksbasert integrasjon: Rikholdige integrerte modeller lages og deles i samarbeid på tvers av alle prosjektets fagfelt og faser. Dette støttes opp med teknologi som modellservere, databaser og skytjenester. Komplekse analyser kan gjøres på modellen fordi den inneholder mye mer enn kun objektinformasjon. Synkron utveksling av modellbasert og dokumentbasert data gjør at prosjektet blir faseløst.

De fleste av programvarene som brukes til modellering av BIM i dag har proprietære formater. For å kunne integrere modeller fra ulike programvarer har det vært nødvendig å utvikle et åpent format. Det mest brukte formatet for utveksling av BIM på tvers av programvarer er i dag IFC («Industry Foundation Classes»). BuildingSMART har ansvaret for utviklingen og vedlikeholdet av dette formatet. (buildingSMART, 2013)

2.3.1 BIM i praksis

Som beskrevet vil bruken av BIM variere avhengig av «modenhets-nivået» i det enkelte prosjektet. BIM Handbook (Eastman et al., 2011) presenterer blant annet disse bruksområdene for BIM gjennom prosjektets prosesser:

Programmeringsprosessen: 3D-skisser av prosjektet, visualisering for prosjekteier (byggherre og brukere)

Prosjekteringsprosessen: Sammenstille modeller fra flere fag, sjekke for feil og kollisjoner, gjøre beregninger eller simuleringer på modellen, kostnadsanalyser

Produksjonsprosessen: Produksjonsunderlag, fremdriftsplanlegging og -simulering, grunnlag for automatisert prefabrikasjon, mengdeuttak, kalkuleringer, kollisjonskontroll, diskusjonsgrunnlag for møter

Som et samlingssted for byggeprosjektets mest sentrale informasjon, representerer BIM et nyttig verktøy for alle involverte aktører. Kontrollen og oversikten øker, og BIM blir et utgangspunkt for tverrfaglig problemløsning. Flere undersøkelser har vist at bruk av BIM gir økonomiske besparelser (Eastman et al., 2011).

Noen av dagens barrierer for å ta i bruk BIM som et verktøy og som prosess er: software og hardware begrensninger, investeringskostnader, avhengighet av at flere enn en selv tar det i bruk, mangel på gode formater for integrert data/integrerte modeller, usikkerhet relatert til kontraktuelle forhold, og tap- og fortjenestefordeling (Thomsen et al, 2010).

2.3.2 BIM på byggeplass

BIM har, som beskrevet, en rekke bruksområder som gjør det mulig å både øke effektiviteten i prosjektering og produksjon, og samtidig øke kvaliteten på sluttproduktet. I all hovedsak er dette et arbeid som blir gjort i brakkeriggene, og ofte er det en BIM-koordinator som har ansvaret for å koordinere informasjonen og holde den oppdatert. Men det er ute på byggeplassen at konstruksjonen bygges, og det er der verdien skapes, og konsekvensene av feil og endringer får kostnadene til å løpe. Likevel er det i all hovedsak kun er 2D-tegninger som blir med fagarbeiderne ut av brakkeriggen.

Dersom effektivisering og verdiskaping skjer som et resultat av tilgjengeliggjøring av informasjon, er det hensiktsmessig å flytte denne så nær prosjektdeltageren som mulig. Av de teknologiene som finnes i dag er nettbrettet og smarttelefonen den mest mobile løsningen. Noen prosjekter har gjort forsøk på å bringe 3D og BIM ut til byggeplassen ved bruk av monitører, stasjonære PCer eller nettbrett. Et eksempel er Skanskas bruk av «Mobile Electronic Resource Stations (MERS)». Se bilde.



Bilde 1 MERS i bruk på byggeplass.
(Skanska, 2012)

Forutsatt at BIM på byggeplass øker verdiskapingen må det nødvendigvis være mangelen på løsninger som møter de funksjonelle kravene som gjør at det er få

prosjekter som bringer BIM ut til byggeplassen i dag. En rapport skrevet av McGrawHill Construction bekrefter at mangelen på programvare ble opplevd som stor i 2007 (McGraw-Hill, 2007). Men tilbudet på teknologiske løsninger er i stadig endring, og BIM på byggeplass er et område som flere programvareleverandører utvikler løsninger for. Eksempler på programvarer er Autodesk BIM 360, Vela Systems, DaluxQA, og Rendra BIMfield.

2.3.3 Forutsetninger for BIM

En av de viktigste forutsetningene for at BIM, og BIM på byggeplass, skal være en lønnsom investering er at prosessene må være i henhold til bedriftens forretningsmodell. Dette vil si at bedriftens styrker og kjernekompetanser må være i tråd med de styrkene og kompetansene som kreves for å ta i bruk BIM (Nikas et al., 2007). Forutsetningene består av teknologiske, menneskelige og organisatoriske faktorer, så vel som eksterne rammebetingelser for den enkelte bedrift.

Dersom man ønsker å endre sin forretningsmodell til en som er mer kompatibel med BIM, må det nødvendigvis til en endringsprosess. En slik prosess er krevende, og må gjennomføres på en god måte for å bli lønnsom (Hunsucker og Loos, 1989). Flere steder i litteraturen belyses viktigheten av kontinuerlig læring og kunnskapsoverføring for å kunne fungere i en integrert organisering (Korsvold et al., 2009; Wenger og Snyder, 2000).

Når BIM blir en felles plattform som alle bidrar til, må det tenkes nytt rundt hvem som eier rettigheter til videre bruk, og hvordan ansvaret for modellen fordeles (Azhar et al., 2008). Det må utformes detaljerte krav til leveransene, slik at informasjonen som legges inn er i henhold til prosjektets definerte prosesser og mål. Den felles forståelsen for «korrekthet» og «grad av ferdigstilling» blir særlig viktig dersom modellen skal brukes som juridisk bindende produksjonsunderlag.

2.4 BIM og samhandlingsformer i dagens prosjekter

Det har blitt vist at informasjonsflyt er helt sentralt for verdiskapingen i et byggeprosjekt. Prosjekter som etterfølger prinsippene fra IPD og Lean vil kunne forbedre og effektivisere denne informasjonsflyten gjennom bruk av samhandling. BIM er et verktøy som skaper en hensiktsmessig struktur for samling og behandling av informasjon om bygget, og støtter opp under en effektivisering

av prosjektering og produksjon. Men det er fortsatt mulig å utnytte BIM i enda større grad enn det man har sett frem til i dag. Det ser svært lovende ut å ta i bruk BIM også ute på byggeplassen.

Videre i oppgaven presenteres funn av bruksområder for BIM på byggeplass, og det sees på om også disse bruksområdene støtter opp under samhandling som baseres på IPD og Lean.

3 Metode

Her beskrives valg av forskningsdesign for denne oppgaven. Videre presenteres hvordan studien faktisk ble gjennomført, etterfulgt av en diskusjon om resultatets troverdighet og gyldighet.

3.1 Forskningsdesign

Et forskningsdesign skaper et rammeverk for innsamling og analyse av data. Valget av forskningsdesign gjenspeiler prioriteringer blant spekteret av dimensjoner i forskningsprosessen. Dette inkluderer viktigheten av: årsakssammenheng mellom variabler; generalisering av funn; forståelse for oppførsel og betydningen av slik oppførsel i en spesifikk sosial kontekst; anerkjennelse av sosiale fenomener over en lengre tidsperiode. (Oversatt fra Bryman, 2012)

I denne studien ble det undersøkt hvordan et tenkt, men realistisk, verktøy kan forme og understøtte samhandling. Et slikt verktøy omtales i denne studien som BIM på byggeplass, og samhandlingsformene som trekkes frem er IPD og Lean. Fordi det finnes lite litteratur på denne spesifikke tematikken, må slik kunnskap nødvendigvis komme fra undersøkelser av fenomener og opplevelser i dagens prosjekter.

I et fagfelt der det eksisterer lite teori, vil induktiv tilnærming være godt egnet. Med induktiv tilnærming utvikles teori basert på et detaljrikt datagrunnlag, som gjerne er hentet inn gjennom nærgående kontakt med fenomenene som observeres. Altså tar man utgangspunkt i det spesielle for å kunne si noe om det generelle. Dette står i kontrast til deduktiv tilnærming, der utgangspunktet for problemstillingen er hypoteser fra teori, og resultatet baseres på graden av samsvar til teorien (Babbie, 2012).

Jeg ønsket å hente kunnskapen fra førstehåndskilder fordi dette ville gjøre det lettere å hente inn bekreftelser og avkreftelser underveis. Dessuten var det et viktig poeng å forså de kontekstuelle og sosiale faktorene. Det ble derfor valgt å gjennomføre studien med en induktiv tilnærming, der kvalitative metoder ble brukt.

På grunn av studiens åpne tilnærming til tematikken var det naturlig å benytte Grounded Theory som grunnlag for den iterative måten å samle og analysere dataen på.

3.1.1 Grounded theory

Grounded theory (GT) gir systematisk induktive retningslinjer for å samle inn og analysere data for å bygge teoretiske rammeverk som forklarer den samlede dataen (Charmaz, 2003). Barney G. Glaser regnes som en av grunnleggerne av GT, og i Glaser og Holton (2004) kritiseres kvalitative dataanalytikere for å putte GT inn i en deduktiv ramme som undergraver hva GT egentlig er. Glaser og Holton (2004) understreker at en «GT-forsker» må tåle forvirring og tilbakegang, holde en analytisk distanse og stole på at konsepter vil fremtre utover i undersøkelsene. Han/hun må også være i stand til å utvikle en teoretisk innsikt i det som forskes på. For at forskeren skal oppnå denne åpenheten hele veien mener de at

- Han/hun ikke skal lese seg opp på litteratur som kan skape forutinntatte holdninger, derimot skal litteratur sees på som enda en kilde til data som trekkes inn etter at det innledende arbeidet med kodifisering og konseptutviklingen har blitt gjort.
- Datainnhenting må foregå uten et fast mønster, der man heller «sonderer rundt deltagerne» etter inntrykk
- Sorteringen og kodifiseringen av data gjøres i flere iterative runder, der man kommer frem til foreløpige konsepter og koder
- Det er disse konseptene som brukes til den videre undersøkelsen

Innenfor GT er all data relevant data, og skal ikke sorteres ut fra hvor den kom fra eller hvor subjektiv den er. Dette skal være en del av inntrykkene som inngår når man jobber frem konsepter (Glaser & Holton, 2004). Metodene som inngår i datainnsamlingen vil gjerne være:

- Intervjuer eller samtaler, der man lytter etter hva deltagerne har å si, heller enn å skyve fram et begrenset tema
- Observasjoner, der man skriver ned eller gjør opptak av hva som skjer
- Egne notater som beskriver tanker og ideer man hadde underveis
- Dokumenter og materiale som kan være relevant for konseptene som undersøkes

Ved studiens begynnelse samles data på en åpen og uavgrenset måte. Gjennom iterative prosesser sirkler man seg inn mot studiens hensikt og tematikk, og den videre innsamlingen av data vil være delvis deduktiv og baseres på en fremvoksende teori. Man spør seg selv «hva skjer her?» og «hva indikerer dette?», og noterer definisjonen av kodene man lager. Analysen gjøres ved bruk av gjentakende sammenligning, der man bruker kodene til å gradvis komme frem til kategorier for dataene, samt hypoteser. Datainnsamling og analyse vil etter hvert foregå om hverandre (Salkind, 2010). Den iterative fremdriften står i kontrast med den sekvensielle fremdriften som ofte brukes av kvalitative dataanalytikere (Glaser & Holton, 2004).

Fremgangsmåten med GT ble fulgt fra begynnelse til slutt i de empiriske undersøkelsene som denne studien bygger på.

3.2 Datainnhenting og analyse

3.2.1 Bakgrunn for den empiriske undersøkelsen

Rendra AS er en IT-bedrift som utvikler en kommunikasjonsplattform med bygningsinformasjonsmodellen i sentrum. Med Rendra sin teknologi kan man hente ut og legge inn informasjon i modellen, i tillegg til å bruke den som plattform for kommunikasjon. Rendra valgte tidlig å ha en brukernær tilnærming i utformingen av funksjonaliteter i løsningen. En viktig aktivitet for å oppnå dette var å utvikle en kontaktflate med BAE (bygg-, anleggs-, og eiendoms)-næringen på en slik måte at det kunne stilles spørsmål og læres fra et bredt spekter av aktører og individer. Jeg er en del av Rendra, og har derfor vært svært involvert i utviklingen av bedriften og av produktet.

Høsten 2012 ble det signert kontrakt med Helsebygg Midt-Norge og Veidekke om å utvikle Rendras løsning i samråd med en brukergruppe på 5-6 personer fra hvert av de to utvalgte byggeprosjektene. Disse prosjektene ble omtalt som «piloter» der deltagerne i brukergruppene fikk en konto på Rendra sin uferdige løsning. Løsningen ble kontinuerlig utviklet og forbedret basert på erfaringene fra pilotene.

3.2.2 Gjennomføring

Den overordnede fremdriften i pilotene ble planlagt i forkant at oppstarten januar 2013, der noen mindre endringer ble gjort underveis. Tabell 1 viser hovedaktivitetene slik de faktisk ble gjennomført i pilotprosjektene.

Tabell 1 Oversikt over hovedaktiviteter i den empiriske undersøkelsen

Periode	Aktivitet	Mål
Januar	Oppstarts-workshop i begge byggeprosjektene Observasjoner på byggeplass	Forventningsavklaring, og kreativ sesjon på temaet «hva er samhandling?» og «hvordan kan BIM endre arbeidshverdagen på byggeplass?» Bli kjent med miljøet
Februar	Workshop Brukertest på «mock-up» Observasjonsrunde under kvalitetssjekk og befaring	Kartlegging av behovene for BIM på byggeplass, hvilke bruksområder og funksjonaliteter ser deltagerne?
Mars	Workshop Observasjoner med spørsmål underveis, basert på workshop	Kartlegging av arbeidsflyt og informasjonsflyt slik den er i dag, og rollen av BIM i dag. Oppdagelse av flaskehals, fordeler og ulemper med digitale løsninger
April	Brukertest av foreløpige funksjonaliteter på BIMfield Flere observasjoner	Tilbakemeldinger på beta-versjon av løsningen, etterfulgt av spørsmål og diskusjoner med deltagerne Testing av hypoteser
Mai	Workshop Observasjoner og hypotesetesting	Spørsmål og diskusjoner basert på de tema som trengte utfyllende data

Tre av Rendras ansatte, deriblant meg selv, var direkte involvert i planleggingen og gjennomføringen av pilotprosjektene. Min rolle var å utforme deler av forberedelsene, delta i workshopene og observasjonsrundene, samt delta i interne diskusjoner i Rendra AS der funn ble analysert og vurdert.

De prosjektrollene som var med i pilotprosjektene var: arkitekt, fagansvarlig fra teknisk entreprenør, driftsansvarlig, anleggssjef, BIM-koordinator fra entreprenør, BIM-koordinator fra byggherre, prosjektsekretær, HMS-ansvarlig, fremdriftsansvarlig, prosjekteringsleder fra entreprenør.

3.2.3 Lagring og analyse av innsamlede data

Store deler av datamaterialet er videoopptak og lydfiler. Det meste av dette ble transkribert, og hovedpoeng ble trukket ut som sitater, filmklipp eller bilder, alt med en beskrivende tekst. Dette ble jevnlig lagt ut på ei passordbeskyttet nettside som fungerte som en lett tilgjengelig database. Erfaringsskriv og resultater fra interne diskusjoner, samt planer for videre undersøkelser, ble lagret i en egen mappestruktur.

Kodifiseringen av data ble i stor grad gjort i henhold til fremgangsmåten beskrevet i GT. Vi spurte oss «hva snakkes det om her, eller hva gjøres her?», og laget merkelapper basert på svaret. Hvert sitat, film og bilde fikk sine merkelapper, og de fleste fikk to eller flere merkelapper. Disse merkelappene var til slutt: Avvik, Bokmerking, Brukerinvolvering, Delegering, FDV (forvaltning, drift og

vedlikehold), Filtrering, Fremdrift, HMS (helse, miljø og sikkerhet), Kontraktforhold, Kvalitetssikring, Måltaking, Modellkvalitet, Navigering, Notering, Objektivinformasjon, Oppdatering, Roller, Sjekklistor, Skjermdeling, Snitting, og Visualisering.

For å gå fra disse kategoriene og over til konseptbeskrivelser av bruksområder ble det naturlig å ta utgangspunkt i de aktivitetene merkelappene beskrev. Definisjonen av et bruksområde ble satt til at det skulle ha en unik nytteverdi. Hver merkelapp ble studert separat. Deretter måtte det en kryssammenligning til for å sjekke at de konseptuelle bruksområdene hadde separate nytteverdier, og justeringer ble gjort.

Erfaringene fra byggeplassen viste at man i en virkelig setting sjelden drar nytte av bare ett bruksområde av gangen. Empirien inneholdt arbeidssituasjoner med en lengre rekke aktiviteter, der man hadde flere behov etter hverandre. Noen av funnene blir i denne studien trukket frem og detaljbeskrevet fordi de gir et spesielt godt bilde på bruksområder for BIM på byggeplass.

3.3 Litteraturstudie

Gjennom den empiriske undersøkelsen ble det funnet bruksområder for BIM på byggeplass. For å tydeliggjøre hvordan bruksområdene støtter opp under samhandling var det hensiktsmessig å studere litteratur om samhandling i byggeprosjekter, og bruke dette som utgangspunkt for en analyse.

Utvalg av teorier om samhandlingsformer ble gjort i henhold til GT, der det ble sett på hvilke elementer som fremstod som sentrale i funnene. Dette ble vurdert til å være tverrfaglig samhandling og effektivisering av arbeidsflyt. Teorien måtte i tillegg til å være basert på disse elementene, være anerkjente både i bransjen og i forskningsmiljøene. IPD ble valgt for å særlig beskrive tverrfaglig samhandling, og Lean med tilhørende metodikker ble valgt for å særlig beskrive effektivisering av byggeprosessen.

Sentrale egenskaper ved IPD og Lean ble brukt som struktur for å analysere samsvar mellom bruksområder for BIM på byggeplass og samhandlingsformer i byggebransjen.

Deler av litteratursøket ble gjort med nøkkelord i google-scholar, der antall siteringer ble sett i sammenheng med når artiklene var skrevet. Dette ble ikke gjort systematisk, men fungerte som veiledende i en tidlig fase av litteraturutvelgelsen. En rekke kilder ble funnet gjennom referanser i leste artikler. Videre sortering ble gjort på bakgrunn av artiklenes sammendrag. Det ble også gjort nøkkelord-søk i utvalgte vitenskapelige databaser da disse tillot et mer avgrenset søk.

Tabell 2 Nøkkelord brukt i database-søk

Norske	Engelske
Integrerte + operasjoner	Integrated + operations
Integrert + prosjekt	Integrated + project + delivery
Samhandling + prosjekt	Concurrent + construction
Organisasjon + integrasjon	Lean + construction
Trimmet + bygging	Collaboration + construction

Databasesøkene ble gjort i ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>), Bibsys Ask (<https://ask.bibsys.no/ask2/html/>), SAGE Knowledge (<http://knowledge.sagepub.com/>), og ebrary (<http://www.ebrary.com/corp/>)

3.4 Metodediskusjon

3.4.1 Reliabilitet

Reliabiliteten sier noe om troverdigheten og muligheten for å gjenta metoden og få samme resultat (Bryman, 2012; Salkind, 2010). Men det er uenighet om hvorvidt repeterbarhet i det hele tatt er en relevant faktor for verdien av en kvalitativ studie (Liao et al., 2004).

Kirk og Miller (1986) hevder at troverdighet er et resultat av at observasjonene i studien er stabil over en periode, og at ulike metoder viser lignende resultater. Med utgangspunkt i dette fremstår studien som troverdig da funnene av bruksområder ble gjentatt flere ganger over en lengre tidsperiode. I tillegg var det stor grad av likhet mellom data hentet inn med ulike metoder, som i denne studien var observasjoner og intervjuer.

Studiens reliabilitet økes ytterligere ved at de to pilotprosjektene som ble undersøkt var helt uavhengige av hverandre, og at de 12 personene som deltok hadde ulik bakgrunn. Det er vanskelig å si om reliabiliteten hadde økt dersom forskerne hadde vært mer distansert til intervjuobjektene. På den ene siden er det trolig at det kom frem mer detaljert informasjon fordi intervjuobjektene ble godt kjent med forskerne, men på den andre siden så kan dette ha bidratt til at funnene tidvis var mer optimistisk enn hva man ville funnet i en annen setting.

Det må også vurderes om forskernes bakgrunn som ansatte i Rendra har påvirket vurderingene og konseptualiseringene som ble gjort underveis. Jeg mener at studien ble gjennomført med objektivitet og kritisk tilnærming, og at reliabiliteten ble ytterligere ivaretatt ved at en student uten bakgrunn fra Rendra og byggebransjen ble trukket inn i utførelsen av undersøkelsene.

Sett ut i fra GT styrkes troverdigheten ved at dataene ble innhentet og analysert iterativt, og at konseptene ikke var definert på forhånd. Først et stykke ut i undersøkelsene ble det bestemt at funnene burde tydeliggjøres ved å se de i sammenheng med anerkjente teorier om samhandling i byggeprosjekter. Derfor ble ikke undersøkelsene preget i særlig grad av forhåndsinnfattede holdninger.

3.4.2 Validitet

I kvantitative studier defineres validitet som graden av nøyaktighet i forskerens representasjon av fenomenet eller situasjonen som undersøkes (Liao et al., 2004). Men også her mener noen at begrepet må defineres annerledes for kvalitative studier. Martyn Hammersley (1990) som omtalt i Liao et al. (2004) mener at validitet er en bedømmelse av forskerens grad av trofasthet mot det som studeres. Dette impliserer at selv med feilbarlige vurderinger kan det være gode grunner til å påstå at noe er sant, der sannsynligheten for at det er sant må sees i sammenheng med eksisterende kunnskap på feltet. Dette retter oppmerksomhet til forskerens nøyaktighet i vurderingen, som er avhengig av blant annet fenomenets natur, studiens omstendigheter, og forskerens karakteristikk. (Hammersley, 1990, som omtalt i Liao et al., 2004).

Datagrunnlaget ble analysert sammen med flere mennesker, og i flere iterative omganger, uten å gi særlige avvik i slutningene. I tillegg samsvarer funnene med litteratur som viser hvordan BIM støtter opp under tverrfaglig samhandling og effektivisering i andre situasjoner i byggeprosjektet. Dette viser etter min vurdering at studiens gyldighet er god, og impliserer at det ligger høy grad av korrekthet i funnene.

Likevel er det mulig å kritisere at datagrunnlaget ble hentet inn fra en gruppe mennesker som satt sentralt i byggeprosjektene, og at disse var positivt interesserte i BIM. Dette kunne ha ført til et skjevt inntrykk av reell nytteverdi, til tross for at de hadde ulik fagbakgrunn. Dersom et bredere spekter av prosjektroller hadde vært med, og enda flere av de hadde deltatt aktivt i diskusjonene, kan man regne med å ha fått et større spekter av holdninger til for eksempel bruken av teknologi og reell nytteverdi. Dette ville hevet resultatenes validitet.

Måten man gjennomfører et byggeprosjekt på, og hvilke aktører som inngår i prosjektet, er generaliserbart for store deler av verden. Dette gjør studien gyldig utover Norges grenser, selv om empirien er hentet fra norske prosjekter.

Gjennom store deler av undersøkelsene måtte deltagerne forholde seg til et verktøy som var i konseptfase, og delvis var uttalelser om BIM på byggeplass kun basert på tenkte funksjonaliteter og bruksområder. På grunn av dette var det trolig forhold som ikke kom fram i undersøkelsene. Likevel vurderes oppgaven som gyldig innenfor rammene satt av studiets omfang.

4 Resultat

Litteraturstudien viser at dersom man får prosesser, teknologi og rammebetingelser til å fungere godt sammen, så representerer BIM et stort mulighetsrom for verdiskaping og effektivisering. Kvalitative metoder og «grounded theory» ble brukt til å kartlegge bruksområder for BIM på byggeplass.

4.1 Viktige empiriske funn

Noen av de empiriske funnene var spesielt viktige for å identifisere bruksområder for BIM på byggeplass. Funnene som presenteres her gir et bilde på hvordan BIM på byggeplass kan fungere som et verktøy som former og understøtter samhandling. En kort analyse beskriver tilhørende nytteverdier. Funnene er dels gjengivelser av observasjoner, og dels basert på eksempler og gjenfortellinger deltakerne oppga. Personene og prosjektene er anonymisert.

4.1.1 Finne svar på usikkerhetsmomenter

Fagansvarlig går en runde ute på konstruksjonen for å sjekke fremdriften og kvaliteten. Inne på det ene rommet er det montert en dusj der rørføringene ligger på utsiden av veggen. Hun stusser på dette og ønsker å sjekke om utførelsen stemmer med prosjektering.

Fagtegnningene kan i en viss grad gi svar på dette. Men tegningene kan variere i detaljeringsgrad, og oppgir ikke nødvendigvis denne type informasjon. I noen tilfeller kan det foreligge instruksjoner som f.eks sier at alle rørføringer skal legges inn i veggen, men det gjorde det ikke her. Det var mange variasjoner mellom rommene. Alternativt kunne den fagansvarlige ha notert seg usikkerhetsmomenter, og sjekket modellen når hun kom inn på brakka igjen.

Med BIM på byggeplass: Ved hjelp av for eksempel et nettbrett kunne den fagansvarlige ha åpnet bygningsinformasjonsmodellen og sett med egne øyne hva prosjekteringen sa, og handlet umiddelbart ut i fra funnet.

Et relatert sitat om BIM-tilgjengelighet ute på byggeplassen:

Altså, jo mer info du har på byggeplassen, med tegninger og modell, jo bedre spørsmål kan du stille inn til brakka: 'Vi ser at det er sånn og sånn her på byggeplassen – og sånn er det prosjektert, sånn er tegninga og sånn er modellen. Hva gjør vi?' - Fagansvarlig

Eksempel på informasjon som ikke alltid når ut:

En vegg som er flytta ti-tyve cm på grunn av en seng, ikke sant, sånne helt enkle ting - det faller fort ut på de andre fagenes tegninger når de henger noen versjoner etter. - Driftsleder

Nytteverdi

I dette prosjektet hadde mye tid og arbeid blitt lagt inn i detaljplanleggingen. Hvordan rørføringene ble lagt hadde forankring i brukernes krav, og det var viktig at det ble gjort i henhold til disse kravene. Dersom slik informasjon ikke når ut til de utførende risikerer man å måtte gjøre om på feil, og man risikerer at tilliten til de utførende svekkes. Ved å tilgjengeliggjøre den visuelle informasjonen blir det svært lett for både utførende og kontrollerende å verifisere arbeidet. Man sparer tid siden man slipper å spørre andre eller gå inn til brakka for å sjekke.

4.1.2 Fremdriftsinformasjon tilgjengelig

En av måtene å effektivisere byggetiden på er å bruke samlebands-metodikk. Et av konseptene er Trimmet Bygging, som er beskrevet tidligere. En el-installatør sjekker oversiktstavla for å se hvilket rom han skal gå videre til. Tavla har ikke blitt oppdatert de siste par dagene, og han må gjette hvilke rom som er klare for han.

Når tavla ikke gir tilstrekkelig med informasjon er eneste mulighet å gå rundt og se etter selv, og spørre seg fram.

Med BIM på byggeplass: Trimmet Bygging kunne vært kombinert med BIM, der man kan koble sone-objektene til informasjon om fremdriften. El-installatøren kunne brukt mobilen sin til å få opp en liste over rom som var klare. Ved jevne mellomrom kunne han enkelt huket av for statusen på eget arbeid.

Andre sitater om kobling av BIM og fremdrift på byggeplass:

Om man bare kunne huket av: Nå er det ferdig. Klart til maling. Nå er det klart til neste fag, liksom. - Prosjekteringsleder

Selv om ikke vi er direkte ansvarlig for den-og-den veggen så går vi allikevel rundt og sjekker. Fordi det går jo utover fremdrifta vår, ikke sant. - Fagansvarlig

I forbindelse med endringer er det jo også aktuelt å følge med på fremdriften på byggeplassen – er veggen satt opp? Vi burde jo egentlig hatt en endring på den veggen! - Arkitekt

Nytteverdi

Ved å digitalisere fremdriftsinformasjon øker tilgjengeligheten på den. Da kan man både ute på byggeplassen og i kontorlokaler eller brakke følge utviklingen nøye. God oversikt vil kunne effektivisere arbeidsflyten, og gjøre det lettere å planlegge videre eller gjøre endringer. I den grad de utførende selv legger inn informasjon om fremdrift, og man ikke bruker mellommenn, oppdateres informasjonen hyppigere.

4.1.3 Interaksjon mellom flere aktører

Dette funnet handler om dialog mellom prosjektdeltagere og bruk av BIM på byggeplass som kommunikasjonsplattform.

Det er utført et eller annet arbeid ute på byggeplassen, og så kommer du på et eller annet som har surret oppe i hodet ditt – her var det jo snakk om at det skulle gjøres en endring. Så er du litt usikker på om den endringen har blitt gjort. Du vet kanskje at arkitekten har vært og tegnet, men vet du om alle andre har fått med seg det samme, eller har det gått litt fort i svingene? Da er det ut på plassen igjen og få registrert at det faktisk har blitt støpt et eller annet dekke utpå der, som ikke har blitt fanget opp. Så er det inn på brakka og begynne å se på tegninga. Så finner du til slutt ut at arkitekten har tegna litt annerledes enn det som rørleggeren har fått med seg. Da må du sjekke hva som er det riktige. Er det arkitekten sin tegning det henger igjen en feil på, eller er det rørleggeren sin? Så må man avklare, og eventuelt avviksbehandle det. Det kan være at byggherren har ønsket en endring, som bare en og annen har klart å fange opp. - BIM-koordinator

Det er nesten like mange sånne ting der alt viser seg å faktisk være OK. Men du bruker likevel mye tid på å finne ut at det er OK. - Fagansvarlig

Denne situasjonen beskriver et klart behov for tilgjengeliggjøring av informasjon og dialog mellom flere aktører, slik at situasjonen raskt kan avklares. Måten uklarheten ble løst på var å sjekke selv, og lete opp informasjon, for så å ta kontakt med riktige personer.

Med BIM på byggeplass: Gitt at modellen er oppdatert og inneholder revisjonslogg, kunne han ha sett hvilke versjoner som ble brukt når, og fått en indikasjon på om arbeidet ble utført etter riktig versjon. Her vil oppdatert fremdriftsinformasjon være nøkkelen til å koble utførelse og versjon sammen. Deretter kunne han ha opprettet en dialog tilknyttet objektet eller området, og sendt spørsmålet eller kommentaren til arkitekten og for eksempel rørleggerbas. Med en visualisering og kanskje også et bilde av arbeidet blir det enda lettere å vurdere om det bør opprettes avviksmelding eller ikke.

Dialoger tilknyttet BIM kan også brukes til å holde de involverte aktørene oppdatert på utviklingen. Når et avvik blir utbedret kan det være hensiktsmessig at de involverte blir «sjekket ut av saken», slik at de vet at de ikke får flere forespørsler på akkurat den saken. Dialog med BIM kan også fungere som

gjøremålslistor, der oppgaver blir delegert til enkeltpersoner eller en gruppe. Et funn på hvordan et gjøremål blir ordet i dag:

Sånn kosmetisk flekk på malinga f.eks. – da skriver du bare «Flekk på vegg i rom det og det: Utbedres». Noen setter også en tydelig teip på veggen sånn at den som kommer etter finner det med en gang. Eventuelt også sette kryss på tegninga. - Driftsleder

Med BIM på byggeplass: Gjøremålet kunne blitt delegert til enkeltpersoner, der det i modellen kom fram hvor jobben skulle utføres, og bilde som viste hvor flekken var.

Dersom det er mange bemerkninger som skal håndteres er det viktig at det blir enkelt å både opprette en dialog og å følge den opp. Disse sitatene påpeker nettopp viktigheten å kunne umiddelbart og enkelt dele dine funn eller bekymringer:

Det som jeg strever med er at jeg ofte finner mange avvik. Så er spørsmålet: Når skal jeg gå inn og sjekke dem jeg har funnet uten å rote til alt sammen? Du klarer ikke å tegne opp og skrive opp alt du ser, så du må ha enkelte detaljer i huet. Og da kan du glemme ting om det blir for mye på en gang. Så det blir en del springing frem og tilbake. - Fremdriftsansvarlig

Det blir en for stor tidstyv å kalle inn brukerne i alle svingene. Så det gjelder å fortolke brukers ønske. Og så gjelder det å kalle inn riktige representanter – Er det de som var med i prosessen for halvannet år siden, et år siden, eller forrige uke? - Arkitekt

Nytteverdi

Den umiddelbare behandlingen av problemer gjør at man får raskere saksgang. Riktige personer kommer på banen tidligere, og dialogens utvikling kommer fram på en oversiktlig måte. Det er ikke ønskelig at informasjonsmengden overgår det den enkelte i utgangspunktet har ansvar for å følge med på, men når en prosedyre for digital dialog er opprettet vil det praktisk sett bli enklere å ta kontakt med andre fagfelt, også ukjente personer. Større grad av tverrfaglig kommunikasjon kan potensielt bidra til å øke prosjekttilhørigheten og bedre gruppedynamikken (Johannessen og Rosendahl, 2010).

4.1.4 Dokumentering med BIM

Dette funnet handler om hvordan BIM kan brukes som lagringssted for prosjekthistorikk.

Den første runden inn på brakka handler om å kartlegge hva man har sett. Man mister en god del info fra man er ute på byggeplassen til når man kommer tilbake til brakka. - Fagansvarlig

En rekke forskrifter og krav skal etterfølges i byggeprosjektet. Under de regelmessige kvalitetsjekkene har de ansvarlige behov for å kunne dokumentere at arbeidet har blitt utført i henhold til kravene, men også dokumentere eventuelle avvik. Denne formen for dokumentasjon skilles fra dialog i BIM, fordi hensikten er å lagre informasjon for ettertiden, og ikke opprette aksjonspunkter slik som beskrevet tidligere.

Et eksempel er at en vegg skal lukkes, og fagansvarlig ønsker å dokumentere hvordan løsningen ble seende ut i praksis. Hun kan ta bilder med kamera eller mobil, og lagre disse i en mappestruktur som prosjekthotell eller interndatabase, når hun kommer tilbake på brakka.

Med BIM på byggeplass: Hun kan markere objektet eller området som skal bildedokumenteres, ta bildet med applikasjon knyttet til bygningsinformasjonsmodellen, og på den måten få en kobling mellom dokumentasjon og BIM.

Flere sitater knyttet til dokumentering og kvalitetssjekking:

Er ute på en ekstrakontroll og skal sjekke at en vegg faktisk er satt opp slik som beskrevet på tegninga. Og da har jo tømreren allerede gjort en sjekklister på den veggen som jeg er interessert i å finne tilbake til. Da må jeg gjerne inn på kontoret og gå gjennom en haug med sjekklister for å finne akkurat den veggen det er snakk om. - Prosjekteringsleder

Noen byggherrer går jo bananas og tar bilder før alt lukkes. Det gjør jo ikke vi. Vi baserer oss jo ikke på rettssak. Men vi kan jo ta bilder av kritiske områder. En ventilasjonskanal det er bulk i, eller noe sånt. - Driftsansvarlig

Nytteverdi

Det er tidsbesparende å kunne legge inn dokumentasjon mens man fortsatt er på byggeplassen. Det vil gjøre det lettere å øke mengden bilder eller kommentarer, uten at dette ender som en stor mengde usortert informasjon. Ved å koble bilder og annen informasjon direkte til objekter eller steder i modellen, blir det mye enklere for andre å finne tilbake til denne informasjonen. Digital dokumentering kan også skje som en del av en digitalisert sjekklister, der man følger en egendefinert rutine.

4.1.5 Problemløsning i sanntid

Jeg, som fagansvarlig, får telefon fra bas om et problem. Det kan være en døråpning der himlinga kommer nedenfor åpningen. Da må jeg ut på byggeplassen og sjekke at det faktisk er sånn. Jeg må nesten alltid ut på byggeplass for å sjekke – han som er ute der klarer ikke å forklare problemet godt nok derfra. Går tilbake til brakka hit, ser modell/tegning, og finner ut at enten så har vi lagt himlinga for langt ned, eller så er det noen som har bygget døråpninga for langt opp. Avhengig av hva, så må jeg da til sideentreprenøren avklare en løsning, tar med løsningen ut på bygget og informerer basen min hva vi gjør. Det her går det fort to timer på, på en så enkel sak. - Fagansvarlig

Her kommer det tydelig fram et behov for bedre kommunikasjon til og fra byggeplass. Siden den fagansvarlige må tilbake til brakka for å hente informasjon går det med mye tid.

Med BIM på byggeplass: Basen oppretter en sak der kommentarer og bilder lenkes til det aktuelle stedet i BIM. Fagansvarlig får en varsling og setter seg raskt inn i saken, uten å måtte gå ut på plassen. Hun avklarer med sideentreprenøren, og ringer opp basen og oppretter skjermdeling. De ser på samme modell, og fagansvarlig markeder og forklarer valgte løsning ved hjelp av skjermbildet.

Et annet eksempel der sanntidskommunikasjon hadde vært nyttig:

Det gjelder en avklaring om plassering av vask, der vi har en konflikt der produsent har et motråd mot brukers ønske. Og da er det en avklaringssituasjon som pågår i dag. Så går ryktet ut at ingen vet hva ingen skal gjøre. Men saken er jo at instruksjonen er falt, og at en produsents råd er underordnet brukerens ønske. Men er det et gyldig argument som produsent har, bør man da likevel ta det opp med bruker igjen? - Arkitekt

Her beskrives en situasjon som havnet i en gråsoner av etablerte rutiner. Produsenten var klar over argumentene for den opprinnelige bestillingen, men oppfordret likevel til at den ble endret.

For å finne ut om hun skal ta produsentens råd til etterretning, må VVS-ansvarlig ta kontakt med brukergruppen som satte spesifikasjonen i utgangspunktet. Dette kan skje via e-mail eller over telefon. Hun kan forklare med ord hvordan produsentens løsning vil være annerledes, og eventuelt legge ved et skjermbilde fra BIMen. Når dette er avklart, må bekreftelsen eller avkreftelsen formidles til andre berørte og til produsenten.

Med BIM på byggeplass: VVS-ansvarlig ringer brukerkontakten(e) og oppretter skjermdeling og videokonferanse. De studerer modellen sammen med video eller bilder fra det aktuelle rommet, og raskt få et tydelig bilde av sakens kjerne. Når avgjørelsen har falt legges det inn som kommentar knyttet til objektet, og kommentaren sendes til alle involverte parter. Her kan produsenten også ha tilgang til dialogen, eller beskjeden kan sendes som vanlig e-mail.

Nytteverdi

Det er mulig å spare mye tid dersom man slipper å gå flere ganger mellom brakke og byggeplass for å løse et problem. Tilgjengeliggjøring av modellen ute på byggeplassen kan i en viss grad gjøre at man

unngår problemet i utgangspunktet, men når det først oppstår en feil eller en usikkerhet er det hensiktsmessig å løse saken så raskt som mulig. Og dette kan sanntidskommunikasjonen sammen med bruk av BIM gjøre.

4.2 Bruksområder for BIM på byggeplass

Det ble bestemt at definisjonen av et bruksområde var at det hadde en unik nytteverdi. Bruksområdene ble konseptualisert, kryssammenlignet og justert, som en del av fremgangen med GT. Her blir de enkelte bruksområdene kategoriseres og oppsummeres for å gi en bedre oversikt over resultatet av den empiriske studien.

4.2.1 Informasjonsuttak

Visualisering	Bruken av digitale modeller gjør det mulig å visualisere bygningen, tilhørende objekter, landskapet rundt og fremdrift i 3D. Dette gir naturlig nok et helt annet inntrykk enn 2D-tegninger, hvilket kan åpne opp for flere nytteverdier ute på byggeplassen, men også i markedsføringsrelaterte aktiviteter.
Objektinformasjon	Ute på byggeplassen er det et behov for tilgang på informasjon om byggets objekter (vegger, isolasjon, rør og andre installasjoner). BIM kan representere et samlested for all slik informasjon.
Leveranseplaner	Fremdriftsplaner kan kobles opp mot bygningsmodellen og inkluderer alle de involverte aktørene, og åpner på den måten opp for detaljert delegering av oppgaver. Gjennom produksjonsfasen kan planene oppdateres til å vise reell fremdrift, og øke oversikt og kontroll. Også leveranseoversikter i forhold til material- og utstyrsleverandører kan kobles opp mot bygningsinformasjonsmodellen, og være en integrert del av en kommunikasjonsplattform.
Versjonskontroll	Informasjon som må printes ut på papir er i prinsippet utdatert fra første stund. Elektronisk tilgang på BIM og tilhørende informasjon kan sikre at alle til en hver tid har tilgang på siste versjon av bygningsinformasjonen. Det kan også være en mulighet å hente ut informasjon om hvilke endringer som har blitt gjort i en valgt tidsperiode.

4.2.2 Datalagring og -behandling

Rapportgenerering	Gjennom produksjonsfasen blir det foretatt en rekke kontroller. Dette kan være vernerunder med HMS/SHA, kvalitetssjekking, oppdatering av reell fremdrift eller innlegging av andre former for avvik. Ved å lagre disse avvikene digitalt i et felles system og knytte enkelthendelser til bygningsmodellen er det mulig å hente ut detaljerte rapporter om hvor og hvor ofte hendelsene ble rapportert, og på den måten føre statistikk over egen utførelse.
--------------------------	---

Oppdatering av informasjon	<p>Tilgjengeliggjøring av digitale bygningsinformasjonsmodeller åpner opp for en lettere prosess ved endring av innhold. Både observerte endringer underveis og ferdigbefaring kan benyttes aktivt til å hente inn as-built-informasjon. Når også underleverandørene kommer på banen og leverer BIM-objekter av sine varer, vil det være fullt mulig å lage eksakte digitale modeller av bygget. Herifra kan BIMen utformes til å møte behov for FDVU-informasjon.</p>
-----------------------------------	--

4.2.3 Problemløsning og kommunikasjon

Oppretting av melding/merknad	<p>BIMen kan teoretisk sett brukes som lagringssted for alle typer merknader, enten det er en avviksmelding eller merknad om et usikkerhetsmoment. Ved hensiktsmessig tilgjengeliggjøring av disse merknadene kan prosjektmedarbeidere raskt komme på banen med innspill og oppfølgingsaktiviteter. De videre aktivitetene kan også lagres relatert til modellen, slik at man får full oversikt over status på avviket eller hendelsen.</p>
Stedsuavhengig informasjonsdeling i sanntid	<p>Digitalisert informasjon åpner opp for fleksibel kommunikasjon. For eksempel kan flere aktører se på den samme BIMen uten å være fysisk samlokalisert. Dette styrker nytten av virtuelle møterom og samhandling på tvers av aktører.</p>
Koordinering	<p>Tilgang på rapporterte avvik eller hendelser i bygningen kan også brukes til å koordinere oppfølgingstiltak. Dette gjelder særlig uforutsette hendelser som ikke har avklarte prosedyrer.</p>
Plattform på tvers av aktører	<p>En rekke byggeprosjekter er avhengig av nær dialog med fremtidige brukere av bygget eller andre eksterne interessenter. En forståelig fremstilling av det fremtidige bygget vil lette arbeidet med å få nødvendige innspill, og få disse innspillene i tide. Fremstilling i 3D er også mer gunstig med tanke på markedsførings- og PR-aktiviteter, og kan gagne de ansvarlige aktørene.</p>

5 Analyse

For å gi et tydeligere svar på problemstillingen ble det valgt å undersøke hvordan bruksområdene for BIM på byggeplass understøttet anerkjente former for samhandling i byggeprosjekter. Utvelgelse av teori ble gjort med utgangspunkt i gjennomgående viktige elementer i de empiriske funnene. Dette ble vurdert til å være tverrfaglig samhandling og effektivitet. I tillegg var det et krav om anerkjennelse av samhandlingsformen i forsknings- og bransjemiljøene. Med utgangspunkt i dette ble IPD og Lean valgt.

I dette kapitlet gjøres det en analyse av hvordan bruksområdene for BIM på byggeplass støtter opp under fremtredende egenskaper ved IPD og Lean.

5.1 Samsvar mellom BIM på byggeplass og IPD

Byggherrekontroll og brukerinvolvering

Bruken av IPD er særlig nyttig når byggherres verdiskaping er nært knyttet opp mot brukerbehov. Slik både litteraturen og denne studien viser, kan det være problematisk å få en god prosess rundt brukerinvolvering.

De empiriske undersøkelsene viser at det i IPD-prosjekter vil være hensiktsmessig å bruke BIM på byggeplass for å avklare usikkerheter og få innspill fra brukerne også underveis i produksjonen. I utgangspunktet er det ønskelig å avklare mest mulig før produksjonen setter i gang, men i enkelte situasjoner kan vurderingsgrunnlaget være mangelfullt, og vil det være mer gunstig å vente med noen av avgjørelsene. Prosjekteiers ønske om handlingsfrihet og fleksibilitet underveis i prosjektet kan møtes ved at eier og brukergrupper får innsyn i fremdriften. Også brukere vil kunne få «gjøremål» om å komme med endringsforslag før tidsvinduet lukkes. På den måten blir kundeverdien ivaretatt under hele prosjektets gang, uten at man får uforutsette endringer.

Den visuelle fremstillingen av hvordan bygningen skal bli og hvordan dette skal utføres, i kombinasjon med dokumentasjon fra byggeplassen, er informasjon som er interessant for byggherren. I byggeprosjektene som ble undersøkt i denne oppgaven, opplevde byggherren at det var lettere å involvere fremtidige brukere og komme med innspill når informasjonsgrunnlaget (BIM og fremdrift) var lett tilgjengelig, detaljrikt og enkelt å forstå.

Felles mål og tillitsfullt miljø

For å fungere sammen som en enhetlig prosjektgruppe med felles mål er det viktig at deltagerne opplever miljøet som tillitsfullt og respektfullt.

Den digitale prototypen av bygget kan fungere som et samlingspunkt for prosjektorganisasjonen og på den måten også representere et symbol på fellesskapet og den organisatoriske integrering. Ved å la samtlige prosjektdeltagere, og ikke bare de som sitter på kontor, få innsikt i denne modellen kan fellesskapsfølelsen øke ytterligere. Tilgjengeliggjøring og åpen informasjonsdeling vil dessuten gjøre hele prosjektet mer transparent. Forsøk på tilbakeholding av informasjon eller andre hendelser som ligger i en «gråson», oppdages lettere.

Tidlig tverrfaglig involvering

Hensikten med å involvere flere aktører i en tidlig fase av byggeprosjektet er å få en størst mulig bredde i kompetansen som går inn i planleggingen og prosjekteringen. Dette kan både være en teknisk og en sosial utfordring. Samarbeidsvilje og tillit er nødvendig for at dette skal fungere.

Ved å koble en større del av organisasjonen opp mot BIM kan man regne med å få flere innspill til planleggingen, og den samlede kunnskapen blir større. BIM på byggeplass vil også gjøre det praktisk lettere å involvere riktige personer i en saksgang, og dermed oppnå enklere tverrfaglig problemløsning, slik IPD legger opp til.

En indirekte konsekvens av BIM på byggeplass kan være at etterspørselen etter detaljeringsgrad øker fordi BIM blir brukt i produksjon. For å gjøre det lønnsomt med økt detaljeringsgrad vil det være nødvendig å kreve tidligere avklaringer. På den måten kan BIM på byggeplass være en katalysator for tidlig involvering og organisatorisk integrering.

Deling av bonus og risiko

En unik karakteristikk ved IPD er bruken av bonusordninger for prosjektorganisasjonen, som et insitament for problemløsning i fellesskap heller enn skylddeling. Tydelige retningslinjer for hvordan bonuser eller kostnader skal fordeles er en forutsetning for å lykkes med IPD. Minst like viktig er det å kunne registrere grunnlaget for bonuser.

Ved å knytte arbeidsoppgaver og enkeltbedrifter til modellens soner og objekter, kan fremdrift og prestasjon tydeliggjøres. BIM på byggeplass kan på den måten fungere som datagrunnlag for insentivsystemer. Den økte mengden historisk dokumentering vil også kunne bidra til å løse tvister mer effektivt. I tillegg representerer bruksområdene for BIM på byggeplass gjensidig nytte for prosjekteier og prosjektleverandører, og kan i utgangspunktet sees på som et upartisk verktøy.

5.2 Samsvar mellom BIM på byggeplass og Lean

Planlegging

Planlegging er det første steget på veien mot en effektiv gjennomføring. Planlegging krever et godt informasjonsgrunnlag, og den effektiviseres gjennom systematisering.

Koblingen mellom BIM på byggeplass og fremdrift kan gjøre det lettere å visualisere fremdriften, og skape nødvendig oversikt under planlegging. Digitale gjøremålslistene kan tilpasses til å vise uttrekk av den totale fremdriftsplanen. For eksempel kan man tydeliggjøre den enkelte fagarbeiders ukesplan, og sende digitale varsler om endringer. For å ta i bruk disse funksjonalitetene for BIM på byggeplass må det tydeliggjøres hvilke roller prosjektdeltagere har, og hvilke ansvarsområder de har. Alt dette skaper forutsigbarhet og oversikt, og gjør det enklere å fungere i et komplekst samarbeid.

Produktivitet

Effektive prosesser der ikke-verdiskapende aktiviteter er fjernet er en helt sentral del av Lean. Selv om planlegging kan hindre en rekke ikke-verdiskapende aktiviteter, vil det alltid være behov for ytterligere informasjon eller problemløsning underveis i produksjon.

Eksemplene av BIM på byggeplass viser at tilgjengeliggjøring av informasjonsgrunnlaget for produksjon og tilrettelegging for direkte kommunikasjon med andre prosjektdeltagere skaper mindre avbrudd i arbeidshverdagen. Problemløsning i sanntid er et eksempel på økt flyt. Og bruken av fremdrift og gjøremål knyttet til BIM skaper forutsigbarhet og handlingsrom for den enkelte.

Forbedring

Helt sentralt for Lean-tankegangen er kontinuerlig forbedring.

Digitalisering av fremdriftrapporter, avviksrapporter eller HSM-rapporter kan fungere som lett tilgjengelig informasjonsgrunnlag for en prestasjonsevaluering. Prosedyrer for hvordan man bør jobbe kan utvikles basert på funn av «best practice». Dessuten kan et bedre informasjonsgrunnlag oppfordre til bedre prestasjoner, noe som kan senke toleransen for feil.

6 Diskusjon

6.1 Nytteverdi for de enkelte aktørene

Gjennom funnene kommer det fram at god informasjon om fremdriften i prosjektet, samt en god visuell fremstilling av valgte løsninger, vil gjøre det lettere for byggherren å forstå økonomiske konsekvenser av eventuelle endringer. Graden av kontroll øker, og det blir lettere å sikre brukernes behov. I tillegg vil dokumentasjonsgrunnlaget samlet inn underveis være verdifullt for eventuelle reklamasjoner. Bruksområdene for BIM på byggeplass viser at det vil være lettere for byggherre å komme med brukerønsker, og at det vil være lettere for de prosjekterende og utførende å spørre om brukerønsker. Hvis disse scenarioene i praksis utspilles slik som beskrevet, representerer BIM på byggeplass med sikkerhet økt verdiskapingen for byggherren.

Entreprenørene er både avhengig av et korrekt prosjekteringsunderlag fra de rådgivende ingeniørene, og av at byggherre har presentert et godt bilde av brukerbehovene. Det er ofte entreprenøren som først merker konsekvensen av prosjekteringsfeil og avvik. Da er det særlig i entreprenørens interesse at man har en god versjonskontroll som viser hvilke versjoner som ble tilgjengelig når, slik at man ikke i ettertid blir beskyldt for feilen. BIM på byggeplass kan dermed redusere entreprenørens risiko. Undersøkelsene tyder også på at BIM på byggeplass gjør det billigere for entreprenørene å ta med brukerne og å gi handlingsrom til byggherren.

Entreprenørene har gjerne ansvaret for materialbestilling i et byggeprosjekt. Informasjon om materialene og objektene er nyttig for entreprenøren, men også byggherren vil ha interesse av denne informasjonen i driftsfasen. BIM på byggeplass åpner dermed opp for et nytt type marked for den informasjonen og kunnskapen underleverandørenes besitter. I tillegg kan en økt detaljeringsgrad i BIM muliggjøre kjøp, salg og logistikkplanlegging gjennom BIM. På grunn av dette vil også underleverandører ha verdi av å inkluderes i bruken av BIM på byggeplass.

Det er i alle prosjektdeltagernes interesse at egne feil raskt kan rettes opp, men dette er særlig lønnsomt for de rådgivende ingeniørene. Erfaringer viser at feil oppdages raskere med BIM, og øker lønnsomheten. Men enkelte feil vil det alltid være vanskelig å oppdage før man er ute på byggeplassen. Med BIM på byggeplass kan fagarbeiderne, og alle andre som jobber med BIM som produksjonsgrunnlag, få en tydeligere rolle som kontrollører og varslere, og spare de prosjekterende for store utgifter. En slik mekanisme gir de prosjekterende en god grunn til å insentivere de utførende til å være mer kritisk til informasjonsgrunnlaget. I likhet med entreprenørene er det i de rådgivende ingeniørens interesse at det er enkelt å følge opp på endringsmeldinger og brukerbehov fra byggherre.

Denne diskusjonen, sett i sammenheng med nytteverdiene av bruksområdene, impliserer at BIM på byggeplass kan representere en økt verdiskaping for alle de involverte aktørene, og at nytteverdien for en aktør ikke minsker nytteverdien for en annen. Tvert i mot vil nytteverdien øke for alle parter jo mer delaktig man er i informasjonsflyten.

6.2 Mulige utfordringer med BIM på byggeplass

Datagrunnlaget hadde få eller ingen sitater eller observasjoner knyttet til mulige utfordringer av bruksområdene beskrevet. Dette kan skyldes at det hele tiden ble spurt og snakket om løsninger, og at ugunstige løsninger naturlig ble «filtrert bort» av de som uttrykte seg. Dessuten ble det tatt utgangspunkt i at all programvare og teknologi kan tilpasses brukeren.

Kun i diskusjoner mellom de som innhentet datagrunnlaget dukket det opp mulige utfordringer. Disse var for eksempel: fysiske og praktiske utfordringer med å bruke smarttelefoner eller nettbrett, opplevelsen av at papir er tryggere eller mer pålitelig enn digital informasjon, økt grad av verdisaker ute på byggeplassen som kan gjøre det mer attraktivt for tyver, at det brukes mer tid på perfektjonisme enn faktisk produksjon, følelse av overveldende mengder informasjon, at telefon/nettbrett blir hyppigere brukt til personlige ting, opplevelse av byråkrati fordi det må etableres

en rekke rutiner og kontraktuelle spesifikasjoner, kostnader knyttet til nettverksutbygging, og økt avhengighet til partnere og underleverandører fordi man har investert i å bygge rutiner og kompetanse.

6.3 Nye teknologier

Denne studien har i stor grad tatt utgangspunkt i eksisterende teknologier som nettbrett og smarttelefoner. Det er liten tvil om at fremtidens teknologier vil forme bransjen langt utover det man kan se for seg i dag. For resultatet sin del kunne det vært utslagsgivende at man var ytterligere fremtidsrettet og trakk fram teknologier som Google Glasses eller kunstig intelligens, i intervjuene. På den andre siden kunne deltagerne i undersøkelsene opplevd dette som fjernt, og blitt mer lukket. Enkelte av deltagerne var teknologientusiaster og nevnte både Google Glasses og «augmentet reality», men da som understøttende til nevnte bruksområder, heller en utslagsgivende for en funksjonalitet.

Litteraturen sier at det er økning i bruken av prefabrikasjon (Eastman et al., 2011). Dette kan gjøre at nytteverdien av informasjonsflyten til og fra byggeplass blir mindre, siden det teoretisk blir færre muligheter for avvik og feil. Flere av bruksområdene beskrevet er ikke knyttet til avvik, så det kan antas at visualisering, informasjonsuttak og dokumentering likevel vil gi nytteverdi.

6.4 Mulighetsrommet

Det er lite tvil om at entreprisform, kontraktsformer og valg av utførelsesmetoder har betydning for hvordan samhandling arter seg. Men resultatet viser at informasjonsgrunnlaget uansett må være detaljrikt og korrekt for å gi de nytteverdiene som beskrives. Dette betyr at prosjektets aktører er helt nødt til å jobbe etter et felles mål om detaljeringsnivå og korrekthet i BIM for å realisere nytteverdiene beskrevet. Og for å klare dette er tverrfaglig og integrert samhandling nøkkelen.

Informasjonsbehovet er stadig økende som et resultat av stadig økt kompleksitet. For å opprettholde konkurransefortrinn blir det nødvendig for aktørene å ta stilling til endringene og mulighetene i omgivelsene. Bruksområdene funnet i denne studien representerer med all sannsynlighet bare en brøkdel av de mulighetene nye teknologier åpner opp for.

For eksempel kan man tenke seg at dersom man kommer opp på et slikt nivå at all informasjonsflyt og kommunikasjon er stedsuavhengig, trenger man ikke lengre en brakkerigg for å huse kontoristene, da den fysiske tilstedeværelsen ikke er avgjørende. Og man kan tenke seg at papir blir overflødig, da dette er en kilde til feilinformasjon fra det øyeblikket det printes. Prosjektroller og arbeidsrutiner vil endres, og hele måten man tenker verdiskaping på vil endres.

7 Konklusjon

BIM på byggeplass har en rekke bruksområder. Studien har identifisert ni bruksområder som møter ulike behov, men som ikke er uavhengige av hverandre. Disse er:

- Visualisering av modellen
- Uttak av objektinformasjon
- Fremdriftsplaner, gjøremål og andre leveranseplaner koblet til BIM
- Versjonskontroll og visualisering av endringer
- Generering av rapporter basert på kvalitets- eller HMS-avvik registrert i BIM
- Rask oppdatering av enkeltelementer, kobling mot objektdatabaser
- Oppretting av sak i modellen, og der oppfølgende dialog skjer tilknyttet modellen
- Sanntidskommunikasjon og virtuelle møter med skjermdeling
- Koordinering ved bruk av modell der oppfølging legges rett inn i modell

Disse bruksområdene, med tilhørende nytteverdier, støtter godt opp under samhandling som baseres på IPD på den måten at det fremmer tillit og åpen kommunikasjon, at aktørene får gjensidig utbytte av innsatsen, og at man i fellesskap jobber mot å effektivisere arbeidet, unngå tap og heve sluttverdien på bygningen.

Metodene utviklet på Lean-prinsippene søker å øke verdiskapingen i arbeidet gjennom å fjerne ikke-verdiskapende aktiviteter og ha gode planleggings- og gjennomføringsrutiner. En av de viktigste forutsetningene for å klare dette er et godt informasjonsgrunnlag. BIM på byggeplass tilgjengeliggjør nødvendig informasjon og bidrar til en kontinuerlig forbedring av informasjonsgrunnlaget, og støtter derfor opp under samhandling som baseres på Lean.

Studien viser at de fleste bruksområdene forutsetter et nært samspill mellom aktørene for å realisere nytteverdiene. Dette antyder at prosjekter som har høye krav til samhandling, i motsetning til for eksempel hovedentreprisen, vil være bedre egnet for å ta i bruk BIM på byggeplass.

- For de utførende aktørene, som er entreprenørene, innebærer BIM på byggeplass kostnadsbesparelser grunnet et mer omfattende informasjonsunderlag og effektiviserte arbeidsprosesser.
- For de prosjekterende, som er arkitekter og rådgivende ingeniører, innebærer BIM på byggeplass kostnadsbesparelser grunnet raskere saksgang for prosjekteringsfeil eller endringer.
- For prosjekteier, som er byggherre og brukere, innebærer BIM på byggeplass økt bygningsverdi, samt kostnadsbesparelser grunnet anledningen til stor grad av oversikt og påvirkning underveis i prosjektet. I tillegg ligger det mye verdi i et godt dokumentasjonsunderlag for ettertiden.

Byggebransjen har et potensiale for økt effektivisering, og studien viser at BIM på byggeplass representerer muligheter for økt lønnsomhet.

8 Forslag til videre studier

En naturlig videreføring av resultatene fra denne studien vil være å se nærmere på de økonomiske gevinstene av BIM på byggeplass. For å kunne gjøre dette bør det også foreligge nærmere undersøkelser av kostnadene knyttet til tekniske, organisatoriske og kompetanserelaterte investeringer. Det vil være utfordrende å måle totalgevinster, da dette avhenger av mange faktorer. Men det kan være mulig å gjøre detaljerte undersøkelser av isolerte bruksområder, der man for eksempel beregnet tid spart ved å endre spesifikke rutiner.

Videre er det svært aktuelt å se på forutsetninger for bruksområdene for BIM på byggeplass. Mulighetsrommet er nå tydeliggjort, men det er ikke tvil om at en rekke forutsetninger må oppfylles for å realisere potensialet. Denne tematikken bør helt klart sees i sammenheng med eksisterende litteratur på utfordringer med teknologi-implementering og endringsledelse.

Også de psykososiale faktorene er interessante i en studie av innføring av teknologi som endrer arbeidsrutinene og måten man forholder seg til sine kolleger på. Her er det tidligere gjort undersøkelser på blant annet bruken av virtuelle møter i olje- og gassbransjen. Dette ville vært et naturlig grunnlag for å forstå hvordan for eksempel virtuelle møter kan fungere i et byggeprosjekt.

Referanseliste

- AIA. (2007) Integrated Project Delivery - A Working Definition. The American Institute of Architects, California Council.
Tilgjengelig fra: <http://ipd-ca.net/wp-content/uploads/2012/04/Integrated-Project-Delivery-Definition.pdf> (Hentet: 9. april 2013.)
- Anskaffelser.no (2013) Bygg, anlegg og eiendom. DIFI.
Tilgjengelig fra: <http://anskaffelser.no/art/bygg-anlegg-eiendom/> (Hentet: 12. mai 2013)
- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. Y. og Leung, B. H. (2008) 'Building information modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects'. Proc., First International Conference on Construction in Developing Countries. s. 435-446.
Tilgjengelig fra: <http://www.neduet.edu.pk/Civil/ICCIDC-I/Conference%20Proceedings/Papers/045.pdf>
- Babbie, E. R. (2012) The practice of social research, Wadsworth Publishing Company.
- Ballard, G. og Howell, G. (2003) 'Lean project management', Building Research & Information, 31, s. 119-133.
Tilgjengelig fra: <http://dx.doi.org/10.1080/09613210301997>
- Ballard, H. G. (2000) The last planner system of production control. University of Birmingham.
- Bongiorni, M. J. (2011) Interated project delivery - Why is the US construction industry slow to embrace new partnering agreements for project delivery. Essay. University of Cambridge.
- Bryman, A. (2012) Social research methods, OUP Oxford.
- buildingSMART (2012) An Official Description of BIM and Open BIM. buildingSMART Alliance
Tilgjengelig fra: <http://www.buildingsmart.org/organization/> (Hentet: 15 mai 2013)
- buildingSMART (2013) Om buildingSMART. buildingSMART.
Tilgjengelig fra: <http://www.buildingsmart.no/buildingsmart> (Hentet: 15 mai 2013)
- Byggekostnadsprogrammet (2010) Resultatrapport prosjekt 14318 - Organisasjonsutvikling og læring knyttet til trimmet bygging. Næringsforeningen i Trondheim.
Tilgjengelig fra: <http://www.byggekostnader.no/>
- Charmaz, K. (2003) 'Grounded theory', Strategies of qualitative inquiry, 2, s. 249.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. og Liston, K. (2011) BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, Wiley.
- Eikeland, P. T. (2001) Samspillet i byggeprosessen - Teoretisk analyse av byggeprosesser. NTNU.
Tilgjengelig fra: <http://www.pte.no/pdf/TeoretiskAnalyse.pdf>
- El Asmar, M. og Hanna, A. S. (2012) 'Comparative analysis of integrated project delivery (IPD) cost and quality performance'. Proceedings of the CIB W. s. 17-19.
- Fergusson, K. J. og Teicholz, P. M. (1996) 'Achieving industrial facility quality: Integration is key', Journal of Management in Engineering, 12, s. 49-56.

- Glaser, B. G. og Holton, J. (2004) 'Remodeling grounded theory'. Forum: Qualitative Social Research.
- Halvorsen, T., Fjordvang, P., Melbye, A., S., R. og Slettebø, A. (2005) Byggherren i fokus. Norske boligbyggelags Landsforbund.
Tilgjengelig fra: <http://www.promsys.no/byggherren/pdf/beskrivelse.pdf>
- Hammersley, M. (1990) Reading ethnographic research: A critical guide, Longman.
- Howell, G. A. (1999) 'What is lean construction'. Proceedings IGLC.
- Hunsucker, J. L. og Loos, D. (1989) 'Transition management—An analysis of strategic considerations for effective implementation', Engineering Management International, 5, s. 167-178.
- Høybakken, H., Aune, R., Ekrem, D. I., De Paoli, D. og Bonnevie-Svendsen, M. (2000) Samspillet i byggeprosjektet 1996-1999 - Sluttrapport. Norges Forskningsråd, IGP as, Veidekke asa, ABB Installasjon as og L.A. Lund as.
Tilgjengelig fra: <http://www.metamorfose.ntnu.no/dok/SiBsluttrapport-sept2000.pdf>
- IO-Center. (2013) Center for Integrated Operations in the Petroleum Industry.
Tilgjengelig fra: <http://www.iocenter.no/doku.php> (Hentet: 17. april 2013)
- Jernigan, F. E. (2008) Big BIM, little bim: the practical approach to building information modeling: integrated practice done the right way!, 4site Press.
- Johannessen, J.-A. og Rosendahl, T. (2010) Prosjektkommunikasjon, Cappelen akademisk forlag.
- Kent, D. C. og Becerik-Gerber, B. (2010) 'Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery', Journal of construction engineering and management, 136, s. 815-825.
- Kirk, J. og Miller, M. L. (1986) Reliability and validity in qualitative research, Sage Publications, Inc.
- Korsvold, T., Haavik, T., Johnsen, S., Bremdal, B., Danielsen, J. E., Herbert, M. og Rommetveit, R. (2009) 'Creating Resilient Drilling Operations through Collective Learning'. Asia Pacific Health, Safety, Security and Environment Conference.
- Koskela, L. (2000) An exploration towards a production theory and its application to construction, VTT Technical Research Centre of Finland.
- Krafcik, J. F. (1988) 'Triumph of the lean production system', Sloan Management Review, 30, s. 41-52.
- Larman, C. og Vodde, B. (2009). Lean Primer.
Tilgjengelig fra: http://www.leanprimer.com/downloads/lean_primer.pdf
- Liao, T. F., Lewis-Beck, M. S. og Bryman, A. (2004) The SAGE encyclopedia of social science research methods, Thousand Oaks, Calif., Sage.
- Matthews, O. og Howell, G. A. (2005) 'Integrated project delivery: an example of relational contracting', Lean Construction Journal, 2, s. 46-61.

- McGraw-Hill (2007) Interoperability in the Construction Industry. McGraw-Hill Construction.
Tilgjengelig fra: <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aias077485.pdf>
- Meland, Ø. H., Havnes, P.-A. og Robertsen, K. (2009) Riktig første gangen.
Tilgjengelig fra:
[http://www.byggekostnader.no/getfile.php/Filer/PDF'er%20fra%20prosjekter/RFG%20Sluttrapport_m_linker_endelig\(1\).pdf](http://www.byggekostnader.no/getfile.php/Filer/PDF'er%20fra%20prosjekter/RFG%20Sluttrapport_m_linker_endelig(1).pdf)
- Nikas, A., Poulymenakou, A. og Kriaris, P. (2007) 'Investigating antecedents and drivers affecting the adoption of collaboration technologies in the construction industry', Automation in construction, 16, s. 632-641.
- Salkind, D. N. J. J. (2010) Encyclopedia of Research Design, Thousand Oaks, SAGE Publications.
- Samset, K. (1998) Project management in a high-uncertainty situation PhD. Norwegian University of Science and Technology.
- SEC (2013) First Steps to BIM Competence - A Guide for Specialist Contractors. The Specialist Engineering Contractors' Group.
Tilgjengelig fra: <http://www.secgroup.org.uk/BIM.html>
- Skanska (2012) BIM - Building Quality. Skanska.
Tilgjengelig fra:
http://skanska.smartpage.fi/en/bim_building_quality/files/skanska_bim_building_quality.pdf
- Smith, R. E. (2011) 'Lean and integrated project delivery', Change, 1, s. 585-8948.
- SSB (2012) Bygge- og anleggsvirksomhet, strukturstatistikk, 2011, foreløpige tall.
Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/stbygganl> (Hentet: 24. mai 2013)
- Succar, B. (2010) 'The five components of BIM performance measurement'. Proceedings of CIB World Congress.
- Thomsen, C., Darrington, J., Dunne, D. og Lichtig, W. (2010) 'Managing integrated project delivery', White paper of the Construction Management Association of America.
- Veiseth, M., Røstad, C., Andersen, B., Torp, O. og Austeng, K. (2004) Produktivitet og logistikk i bygg-og anleggsbransjen: Problemområder og tiltak. Sintef, Trondheim.
- Wenger, E. C. og Snyder, W. M. (2000) 'Communities of practice: The organizational frontier', Harvard business review, 78, s. 139-146.
- Womack, J. P. og Jones, D. T. (2010) Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation, Free Press.