

# Bruk av LoD-beslutningsplan i prosjekteringa på BIM-prosjekt

**Iver Grytting**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2017

Hovudrettleiar: Ola Lædre, IBM

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet  
Institutt for bygg- og miljøteknikk





Oppgåvetittel:  <b>Bruk av LoD-beslutningsplan i prosjekteringa på BIM-prosjekt</b>	Dato: 11.06.2017
	Sidetal (inkl. bilag): 101
	Masteroppgåve
Namn: <b>Iver Grytting</b>	
Rettleiar: <b>Ola Lædre</b>	
Eksterne faglege kontaktar/rettleiarar: Fredrik Svalestuen (Phd, Veidekke ASA/NTNU), Jardar Lohne (NTNU), Håvard Sommerseth (Statsbygg) og Siri Augdal (COWI AS)	

Ekstrakt: Oppgåva tek for seg korleis det nye konseptet LoD (Level of Development) kan bli brukt i beslutningsplanlegginga til prosjektering. Den uforutsigbare prosjekteringsprosessen er ofte planlagt berre med start og slutt. Formålet med studien har vore å strukturere beslutningar i prosessen betre. Arbeidet er basert på litteraturstudie og fire case-studie gjennom intervju og dokumentstudie av framdriftsplanar, beslutningsplanar, BIM-manualar og presentasjonar. Alle casane har brukt BIM aktivt. Det er gjennomført to generelle intervju og ni semistrukturerte intervju med nøkkelpersonell frå byggherre, entreprenør og prosjekterande.

Studien diskuterer ikkje-verdiskapande iterasjonar i prosessen. Den ser også på korleis prosjekteringsprosessen brukar framdrift- og beslutningsplanar i planlegginga. Funna viser at beslutningsplanane ofte er passivt brukt i casane og mykje av ansvaret ligg på prosjekteringleiar. Kunnskapsoverføring og prosjekteringssuksess kan vera kritisk ved sjukdom og oppseiing. Bedrifter er difor ekstra avhengige av at rolla fungerer. Undersøkinga viser også at beslutningar om modellutvikling sjeldan blir låst under vegg i prosjekteringa og mange beslutningar blir tatt tett innpå leveransefristen.

Oppgåva konkluderer med ein konseptuell LoD-plan, omtalt som ein Modningsplan, som eit konkret tiltak. Rapporten diskuterer fordelane og justeringane som må bli gjort for å ta den i bruk.

Stikkord:

1. Decision Plan
2. Design Planning
3. BIM
4. LoD

(sign.)



## Forord

Denne masteroppgåva er skriven våren 2017, ved Institutt for bygg og miljøteknikk (IBM) ved Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet (NTNU). Oppgåva utgjer 30 poeng i emnet *TBA4910 Prosjektleiing, masteroppgåve* på sivilingeniørstudiet Bygg- og miljøteknikk. Oppgåva er ei fortsetjing på prosjektoppgåve og litteratursøk i emna *TBA4531 Prosjektleiing, fordjupingsprosjekt* (7,5 poeng) og *TBA4128 Prosjektleiing, vidaregåande kurs* (7,5 poeng). Mastersemesteret fram til påske er brukt på å utarbeide ein akademisk artikkel til Creative Construction Conference i Kroatia 19.-22 Juni 2017. Det aksepterte resultatet er å finne i Del 2 av oppgåva og er brukt som skjelett for den fylldigare rapporten i Del 1.


Studien tek for seg korleis planlegging av beslutningar i prosjektering blir gjort, utfordringar med praksisen og tiltak for å betre praksisen. Studien baserer seg på litteraturstudie og fire case-studie som brukar BIM aktivt. Intervju og dokumentstudie gjennomført i case-studien. Artikkelen i Del 2 vart skriven fyrst og Del 1 og går grundigare gjennom kvar oppgåvedel. Det er gjort små endringar i tida fram til masterfristen 11. Juni. Konklusjonen er difor formulert noko annleis i Del 1, men med mange av dei same elementa.

Formålet med studien er å studere korleis ein betre kan planlegge beslutningar i prosjekteringsprosessen, som eit bidrag til å effektivisere bygg- og anleggsnæringa.

Bakgrunnen for at eg valde oppgåva var at eg hadde sommarjobb på prosjektering av veg i COWI i 2016. Her deltok eg på sommarjobbprogrammet «COWItry», der eg og åtte andre studentar var fordelt ut på COWI-kontor i Oslo, Fredrikstad, Bergen og Trondheim. Alle ni jobba 70% av tida med prosjektering innafor ulike fagfelt og 30% med ei studentoppgåve. Oppgåva gjekk på å koma med innspel til framtidige måtar å bruke BIM på i COWI. Spesielt gjekk oppgåva på bruk av Level of Development (LoD). Eg fatta interesse for temaet, forma ei prosjektoppgåve og tok vidare opp tråden i denne masteroppgåva.

På IBM-instituttet er det tre personar som skal ha takk: Jardar Lohne, for assistanse om språk, oppgåveoppbygging og litteratursøk; Fredrik Svalestuen, for rettleiing om tema; Ola Lædre, for hovudansvaret for god rettleiing av oppgåva. Frå bygg- og anleggsnæringa vil eg rette ein takk til tre samarbeidspartnarar: Fyrst COWI og da spesielt Siri Augdal for gode innspel; Så INPRO-prosjektet, med Fredrik Svalestuen som representant og med teoretisk og praktisk innspel om temaet; Til slutt Statsbygg, hovudsamarbeidspartnar som har sett meg i kontakt med relevant case, personar og svart på spørsmål om temaet. Statsbygg har betalt for tre turar eg har hatt til Oslo og ein til Bergen på den nye Kunsthøgskolen (KHiB). I tillegg skal bedriftene Vedal, Rambøll, Snøhetta og NCC ha takk for å stille som intervjuobjekt i case-studien.

Trondheim, 20. desember 2016



Iver Grytting



## Abstract

Building Information Modelling (BIM) is new to many companies, and the implementation is consequently challenging. Challenges include unstructured processes that often leads to time and cost overruns. This study assesses how the design processes can be scheduled in projects using BIM tools. More specifically, it seeks methods that assures a proper schedule by decision planning. One of the decision tools studied uses the theoretical concept of Level of Development (LoD) to structure design processes.

This paper is based upon a literature review followed by four case studies. The cases, which are all using BIM, are studied through interviews and document studies of execution plans, decision plans and BIM-manuals. Two general interviews and eleven semi-structured interviews were conducted with key personnel from owners, contractors and consultants.

The study reveals that decision plans are seldom used in the design process and decisions about design elements are seldom formally locked during the process. This demands much from the design manager who has to point out the critical path to assure keeping schedule. It also reveals that several models are delivered with a higher or lower LoD-level than necessary. This can lead to a high number of change orders.

The paper concludes with a conceptual model of a LoD decision plan. Furthermore, the findings show that such a LoD decision plan can help owners, designers and contractors to communicate decisions in a timely manner and control the design process. In the long run, the conceptual model facilitates for knowledge transfer from one project to another.

It is not common to use LoD decision plan in Norway. The conceptual model can be of use for companies who want better control over their BIM design processes.





## Samandrag

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er nytt for mange firma og det er utfordringar knytt til implementeringa. Tids- og kostnadsoverskridingar er av utfordringane i prosessen. Studiar viser at bygg- og anleggsnæringa har dårleg produktivitetutvikling. Nokre av studiane legg delar av denne skulda på prosjekteringsprosessen. Formålet med denne oppgåva har vore å strukturere beslutningar om modellutviklinga i prosjekteringa. Utfordringa med å strukturere er at det er nettopp den kaotiske naturen, i delar av prosjekteringa, som ofte gjer den verdiskapande. LoD (Level of Development), som betyr utviklingsgraden, er eit konsept som kan strukturere beslutningar. Det kan bli brukt til å dele inn modellutviklinga i om lag fem nivå, slik at ein kan planlegge kor langt bygningselement skal bli modellert.

Arbeidet er basert på litteraturstudie og fire case-studie som har brukt BIM aktivt. Casane er studert gjennom intervju og dokumentstudie av framdriftsplanar, beslutningsplanar, BIM-manualar og presentasjonar. Det er gjennomført to generelle intervju og ni semistrukturerte intervju med nøkkelpersonell frå byggherre, entreprenør og prosjekterande.

Studien ser på samanhengen mellom aktivitetar i prosessen, med fokus på dei ikkje-verdiskapande iterasjonar som fører til omprosjektering. Den ser òg på korleis planlegging av prosjekteringsprosessen blir strukturert av framdrift- og beslutningsplanar og korleis beslutningar blir tatt.

Funna viser at beslutningsplanane ofte er passivt brukt i casane. Prosjekteringleiar sit med hovudansvaret for å koordinere leveransar til modellen. Han eller ho må altså – basert på erfaring – ha kontroll over kva slags bygningselement, frå kva slags fag, skal bli utvikla, til kva tidspunkt og opp til kva utviklingsnivå. Bedrifter er derfor avhengige av at denne rolla fungerer godt og sjukdom og oppseiing er kritisk for prosjektsuksess og kunnskapsoverføring. Funn viser au at modellar sjeldan blir låst under vegs i prosjekteringa og mange beslutningar blir tatt tett innpå leveransefristen. Den uforutsigbare prosjekteringsprosessen er ofte planlagt berre som ei linje med start og slutt i framdriftsplanen. Utfordringa er når bygningselement treng å veta planen for modellutviklinga til andre relevante element for å kunne planlegge si eiga modellutvikling.

Studien konkluderer med eit konkret tiltak omtala i rapporten som Modningsplanen. Det er ein konseptuell beslutningsplan som tek i bruk LoD og fasenorma *Neste Steg*. Det blir argumentert med: at planen kan gjera det enklare å planlegge for iterative prosessar, kan gi mindre sløsing, enklare og billigare BIM-leveransar, enklare tverrfagleg prosjektering, enklare implementering av Lean, minskar avhengigheita til erfaren prosjekteringsleiar, gir tidlegare låsing av modellutvikling og meir faseinndelt, lesbar framstilling av ein plan på det etablerte språket LoD.

Det er ikkje vanleg å bruke utviklingsgrad i prosjekteringa i Noreg. Det vesle som finns av erfaring bør likevel bli innhenta og brukt til utvikling av Modningsplanen. Building Smart Norge er i ferd med dette. Modningsplanen bør bli testa ut og vidareutvikla i prosjekt som vil ha betre kontroll over prosjekteringsprosessen. Den er spesielt eigna for BIM-prosjekt.



## Innholdsliste

Forord .....	iii
Abstract .....	v
Samandrag .....	vii
Innholdsliste .....	ix
Figurliste.....	xii
Tabelliste .....	xii
Del 1 – Masteroppgåverapport.....	xiii
1. Introduksjon .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Avgrensing og forskings spørsmål .....	2
1.3 Samarbeid .....	3
1.4 Disposisjon .....	4
2. Metode.....	7
2.1 Val av metode .....	7
2.2 Kvalitetsvurdering .....	8
2.3 Litteraturstudie.....	8
2.4 Casestudie .....	11
2.4.1 Case.....	11
2.4.2 Intervju .....	12
2.4.3 Dokumentstudie .....	12
3. Teori .....	15
3.1 Prosjekteringsprosessen.....	15
3.1.1 Prosjektering .....	15
3.1.2 Sløsing.....	17
3.1.3 BIM og ICE.....	18
3.1.4 Knep å hente frå offshore-bransjen? .....	19
3.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen.....	20
3.2.1 Prosjektmodellar .....	20
3.2.2 Lean prosjektering .....	22
3.2.3 Planar .....	23
3.3 Beslutningsplanlegging .....	24
3.3.1 Beslutning .....	24
3.3.2 LoD .....	25
3.4 Teori-kapittelet sine svar på forskings spørsmåla (FS) .....	28

3.4.1 FS1 .....	28
3.4.2 FS2 .....	28
3.4.3 FS3 .....	29
3.5 Kunnskapsgap.....	29
4. Resultat.....	31
4.1 FS1 .....	31
4.1.1 Prosjekteringsprosessen .....	31
4.1.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen .....	36
4.1.3 Beslutningsplanlegging.....	42
4.2 FS2.....	43
4.2.1 Prosjekteringsprosessen .....	43
4.2.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen .....	45
4.2.3 Beslutningsplanlegging.....	47
4.3 FS3.....	47
4.3.1 Prosjekteringsprosessen .....	47
4.3.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen .....	48
4.3.3 Beslutningsplanlegging.....	49
5. Diskusjon.....	53
5.1 FS1 .....	53
5.1.1 Prosjekteringsprosessen .....	53
5.1.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen .....	54
5.1.3 Beslutningsplanlegging.....	55
5.2 FS2.....	55
5.2.1 Prosjekteringsprosessen .....	55
5.2.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen .....	56
5.2.3 Beslutningsplanlegging.....	57
5.3 FS3.....	58
5.3.1 Prosjekteringsprosessen .....	58
5.3.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen .....	59
5.3.3 Beslutningsplanlegging.....	60
5.3.4 Konkret tiltak – Modningsplanen .....	61
6. Konklusjon .....	63
6.1 FS1 .....	63
6.2 FS2.....	64
6.3 FS3.....	65

6.4 Anbefaling og vidare arbeid .....	67
Referanseliste .....	68
Del 2 – Akseptert akademisk artikkel .....	71
Del 3 – Vedlegg.....	81
Vedlegg A – Litteraturluide.....	82
Vedlegg B – To døme på kjeldevrdering.....	86

## Figurliste

Figur 1 – INPRO-prosjektet sine deltakarar og struktur (Dammerud, 2015).....	3
Figur 2 – Låg gyldigheit, god pålitelegheit (Samset, 2007).....	8
Figur 3 – God gyldigheit, låg pålitelegheit (Samset, 2007) .....	8
Figur 4 – Litteratursøkeprosess (Blumberg et al., 2011).....	9
Figur 5 – Samanheng mellom prosessar (Eikeland, 2016).....	15
Figur 6 – Samanheng mellom aktivitetar (Knotten et al., 2015).....	16
Figur 7 – Samanheng mellom usikkerheit og tid (Eikeland, 2016). .....	16
Figur 8 – Sunn prosjekteringsoppgåve sitt behov for innputt (Bølviken et al., 2010). .....	17
Figur 9 – BIM som felles informasjonsmottakar (Østby-Denglum et al., 2013). .....	18
Figur 10 – Samanlikning av prosjekteringsprosessen i ulike bransjar (Knotten et al., 2016)..	20
Figur 11 – Dei fire hovudelementa i IPP (Bølviken, 2014). .....	23
Figur 12 – Relasjon mellom planar (Bølviken et al., 2010). .....	24
Figur 13 – Beslutningsplan i Statsbygg (Aaserud & Lædre, 2014a; Haanæs et al., 2010). ....	25
Figur 14 – LoD-skjema for bygningselementet Betongsøyle (MTHoeygaard, 2015). .....	26
Figur 15 – LoD-Leveranseskjema (MPS) (MTHoeygaard, 2015). .....	27
Figur 16 – BIM-kiosk som viser Solibri-modellen ute på KHiB (Foto: Iver Grytting).....	33
Figur 17 – Visualisering av KHiB, Grimelundsveien, Bispevika og Flyplasskrysset .....	34
Figur 18 – BIM-arbeidsflyt i prosjekteringsfase og produksjonsfase (Dokumentstudie). .....	35
Figur 19 – Gjennomgang av kollisjon i BIM-modell hos Arkitekt (Dokumentstudie).....	36
Figur 20 – Framdriftsplan for prosjekteringa på Flyplasskrysset (Dokumentstudie). .....	38
Figur 21 – Utsnitt av framdriftsplanen på Grimelundsveien i MS-Project (Dokumentstudie).39	
Figur 22 – Taktplan for KHiB (Dokumentstudie).....	40
Figur 23 – Takttavle på byggeplass med taktområder/kontollområder (Dokumentstudie). ....	40
Figur 24 – Utsnitt frå beslutningsplan på Grimelundsveien (Dokumentstudie). .....	41
Figur 25 – Utsnitt frå beslutningsplan på Bispevika (Dokumentstudie). .....	41
Figur 26 – Utsnitt frå Novapoint som viser låste bygningselement (Dokumentstudie). .....	42
Figur 27 – Utviklingsgrad som innleigd BIM-rådgivar planla for KHiB (Dokumentstudie) ..	43
Figur 28 – Forenkla generelt LoD-skjema (Internt dokument frå informant).....	51
Figur 29 – Modningsplanen: Beslutningsplan bygd Neste Steg og LoD. ....	61

## Tabelliste

Tabell 1 - Definisjonar .....	xiv
Tabell 2 – Forkortingar .....	xiv
Tabell 3 – Funksjonar (Viko.no, 2010). .....	10
Tabell 4 – Oversikt over søkeord vart brukt fyrste søket (Henta frå litteraturstudien).....	10
Tabell 5 – Siste litteratursøk.....	11
Tabell 6 – Case-informasjon. ....	12
Tabell 7 – Nokre fasenormer i bygg- og anleggsnæringa. ....	21
Tabell 8 – Kvifor bidreg modningsplanen og kva slags forbetring gir den?.....	62

# Del 1 – Masteroppgåverapport

Tabell 1 - Definisjonar

Omgrep	Definisjon
<b>Aktivitet</b>	Arbeid, verksamd (ordnett.no). I samanheng med plan er som regel bygningselement brukt som synonym for prosjekteringsaktivitet (sjå bygningselement). Det er eit element som er resultatet av mange aktivitetar.
<b>Bygnings-element</b>	I rapporten brukt om hovuddelane i BIM-modellen (Designbuildings.uk, 2015).
<b>Prosess</b>	Ein kjede av aktivitetar som leier frå ein tilstand til ein anna (Marøy et al., 1997).
<b>Fasar</b>	Utviklingstrinna i ein prosess, her knytt til byggeprosess (Østby-Denglum et al., 2013). Blir ofte brukt om det same som prosess, men i denne oppgåva er det konsekvent brukt om ein kjede av aktivitetar som frå ein tilstand til ein anna (som prosess), men som ikkje går parallelt slik som prosessar ofte gjer. Faseovergangen kan vera litt overlappande, men ikkje heile fasa. Overgangen er ofte skilt med ei stor beslutning (Samset, 2007).
<b>Prosjektering</b>	Underordna prosess eller ein eller fleire fasar i byggeprosessen. Arbeidet med å teikne/designe og beskrive bygge og anleggsleveransar. På engelsk heiter det design.
<b>Beslutning</b>	Ei avgjerd/val mellom fleire moglege andre val basert på informasjon og preferansar (Østby-Denglum et al., 2013).
<b>Aktør</b>	Deltakarar i byggeprosessen. Kan vera organisasjon, eit firma, ei gruppe eller eit individ (Eikeland, 2016).
<b>Bygg- og anleggsnæringa</b>	Tenesteytande verksemdgruppene (Bransjane) som inkluderer dei to næringane bygge- og anleggsnæringa. I Noreg omset næringa for rundt 100-110 milliardar kroner årleg (Wikipedia).
<b>Utviklingsgrad</b>	Kva for nivå modellen er utvikla. Inkluderer både geometrisk og eigenskapsmessig nivå (Hooper, 2015).
<b>Rolle</b>	Oppgåve, funksjon og relasjonar (Eikeland, 2016). Summen av normer og forventningar knytt til ein oppgåve, stilling, eller gruppe (Snl)
<b>Prosjektmodell</b>	Modell som beskriv fasar og beslutningspunkt

Tabell 2 – Forkortingar

Forkorting	Forklaring
<b>BIM</b>	Mest brukt om «bygninginformasjonsmodellering»
<b>LoD</b>	Level of Development. På norsk utviklingsgraden, eller av nokon modningsgrad (Statsbygg). LoD-nivå er mål på kor mykje informasjon modell inneheld i form av eigenskapar og geometri (Hooper, 2015).

Tabell 1 og 2 definerer omgrep og forklarar forkortingar som går att gjennom Del 1.



# 1. Introduksjon

Underkapitla tek for seg bakgrunnen for arbeidet, avgrensing og forskings spørsmål, samarbeidspartnerar og disposisjonen for rapporten.

## 1.1 Bakgrunn

Beslutninger er ein fundamental del av ein byggeprosess. Forenkla kan suksessen av prosessen bli målt ut i frå resultatet av alle beslutningene som er tatt gjennom byggeprosessen (Eikeland, 2016; Howell, 2016). Å kontrollere når beslutninger må blir gjort og kven som tek dei forskjellige, er grunnleggjande for å sikre prosjektsuksess (Medina, 2016). I bygg- og anleggsnæring er det ei vanleg oppfatning at produktivetsutviklinga er låg samanlikna med andre næringar (Aaserud & Lædre, 2014a; Howell, 2016; Knotten et al., 2015; Love et al., 2003; Meland, 2000). Medan industrien har hatt bra auke i produktivitet, har byggenæringa hatt negativ vekst dei siste ti åra (buildingsmart.no, 2017b). Det vil vera avgjerande å møte desse utfordringane gjennom auka effektivitet, fleksibilitet og produktivitet (buildingsmart.no, 2017a). Det viser seg at prosjekt presterer dårlegare enn dei kunne viss beslutninger kjem på feil tidspunkt (Howell, 2016). Prosjekteringsprosessen er utpeikt som ein prosess med stort utviklingspotensial for produktiviteten og er difor hensiktsmessig å rette fokus på (El. Reifi & Emmitt, 2013).

Dei tidlege fasane i prosjekteringsprosessen kan bli karakterisert for å vera av kaotisk iterativ natur med høg usikkerheit. Dei prosjekterande blir her tvinga til fyrst å utvide, så innsnevre handlingsrommet for at prosessen skal vera mest mogleg verdiskapande (Knotten et al., 2015). For å unngå å kaste bort tid og kostnad i prosjekteringa er det hensiktsmessig å sjå på korleis den kan bli strukturert (Fosse & Ballard, 2016). Det må bli arbeida for å redusere unyttige iterasjonar og optimalisere talet på nyttige (Ballard, 2000b).

Storparten i næringa prosjekterer i dag i Bygningsinformasjonsmodellar (BIM) (Bryde et al., 2013). Utviklinga er at BIM står stadig sterkare i bygg- og anleggsnæringa for kvart år som går (Bryde et al., 2013; Knutsen et al., 2014). Ein av dei store fordelane med å bruke BIM er at modellen er sentrum av informasjonsflyten (Burud, 2014; Knutsen et al., 2014; rambøll.no, 2016). Arbeid blir gjort i modellen og kan dermed bli henta ut frå same plass. Verktøyet er som følgje av dette effektivt for å visualisere, hjelpe til å auke forståinga mellom fag og auke tempoet i prosjekteringsprosessen (Harstad et al.; Knotten et al., 2016). Med ein delt BIM-modell som viser informasjon i 4D og 5D aukar kommunikasjonen mellom dei som prosjekterer og bygger (Murvold & Vestermo, 2016). Dessutan er ein gjennomsiiktig informasjonsflyt som dette viktig for eit effektivt prosjektteam, sidan det skaper tillit mellom aktørar (Svalestuen et al., 2015). BIM-modellar blir inndelt i hovudelement ofte omtalt som bygningselement (Designbuildings.uk, 2015).

Før prosjekteringa av eit BIM-prosjekt tek til, er det viktig å planlegge etter fire viktige stikkord; **kva slags bygningselement**, frå **kva fag**, som skal bli utvikla til **kva for tidspunkt** og til **kva utviklingsnivå** (Hooper, 2015)? Desse stikkorda er beslutninger som er

hensiktsmessig å planlegge for at informasjon skal bli innhenta til tidspunktet beslutninga skal bli tatt (Haanæs et al., 2010; Kim et al., 2015; Nowak et al., 2016). Dette kan til dømes bli gjort i ein eigen beslutningsplan (Bølviken et al., 2010) eller markert med stjerner i ein vanleg Gantt-framdriftsplan. Fasar kan au representere hovudbeslutningene (Haanæs et al., 2010). Det er mangel på gode faseinndelingar av prosjekteringsprosessen (BIMForum, 2016).

Level of Development (LoD), som på norsk blir omsett til utviklingsgraden eller modningsgraden, er diskutert som eit verktøy til å strukturere prosjekteringsprosessen. Dette er eit språk som blir utvikla for å for å betre kommunikasjonen mellom og innanfor aktørar (Hooper, 2015). Språket bidreg til dette ved å planlegge og kommunisere nettopp dei fire spørsmåla i førre avsnitt. Det er altså eit språk for å beskrive kor langt forskjellige delar av modellen skal vera utvikla til gitte tidspunkt eller kor stor grad ein kan stole på innhaldet (Hooper, 2015). Eit døme er at ei søyle med armering og lengde kan vera henta frå eit bibliotek og plassert inn i modellen. Søyla er utvikla langt sjølv om den prosjekterande berre har bestemt seg for breidda og plassering på søyla når klipte den inn. Dette er uråd for andre fag å lesa ut av modellen utan å kommunisere direkte med teiknaren. Her kjem LoD språket inn og beskriv kor langt detaljane er beslutta.

## 1.2 Avgrensing og forskingsspørsmål

Oppgåva avgrensar seg til å sjå på prosjekteringsprosessen, og spesielt tidleg i prosessen som av natur er mest kaotisk og iterativ. Dette er for å utforske potensialet som ligg i å auke produktiviteten her. BIM tek stadig viktigare plass i næringa og har kome for å bli. Der er avgrensa til å sjå på BIM-prosjekt, sidan desse dermed best representerer framtidige arbeidsmetodar (Burud, 2014).

Gjennom forstudien på temaet med litteratursøk (beskrive i Kapittel 2), samtaler med rettleiarar innanfor NTNU og bransje-samarbeidspartnarar, er det lite forskning på korleis beslutningsplanar er brukt i BIM-prosjekt. Det er til dømes sett lite på akkurat korleis LoD-språket kan vera til hjelp i dagens og framtidens prosjekteringprosess, sjølv om sjølve språket er diskutert av fleire forfattarar (Fosse & Ballard, 2016; Knotten et al., 2016). Det kjem fram frå Zanni et al. (2014) at det er behov for straumlinjeforma prosjektmodellar som passar BIM-arbeidsmetodar i staden for at ein tilpassar det tradisjonelle arbeidsmetodar. Oppgåva har som formål å bidra til dette ved å svare på følgjande tre forskingsspørsmål (FS):

**FS1: Korleis blir beslutninger i prosjekteringsprosessen planlagt i dag?**

**FS2: Kva er hovudutfordringane i planlegginga av beslutninger i prosjekteringsprosessen?**

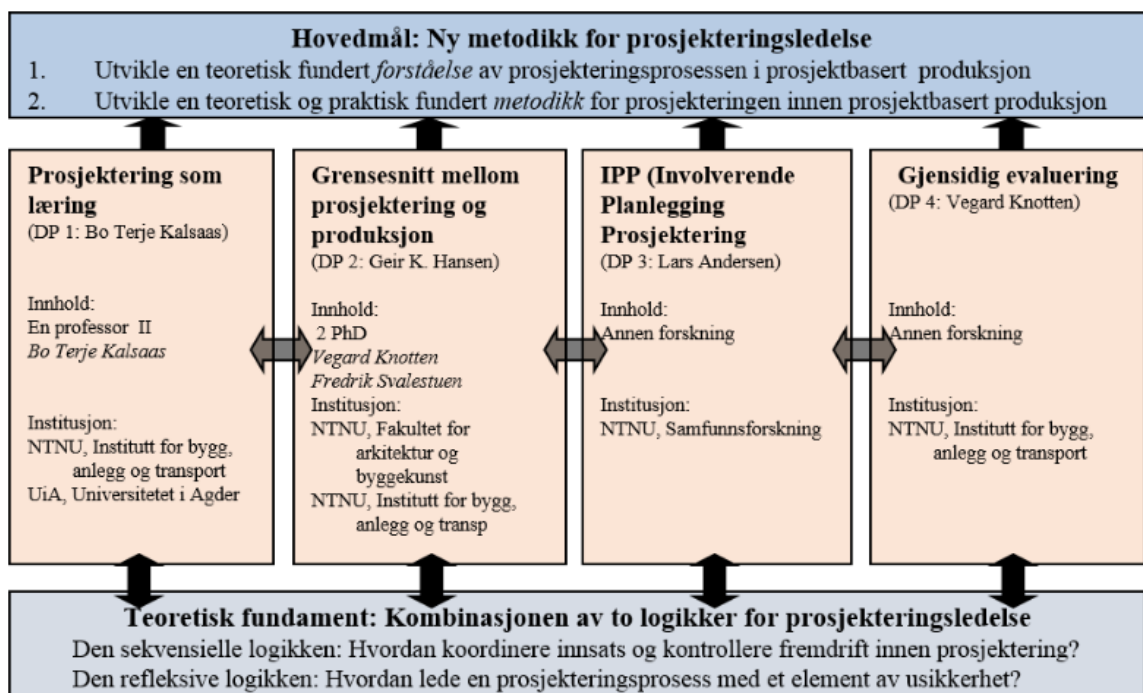
**FS3: Kva for tiltak kan gjerast for å betre planlegginga av beslutninger i prosjekteringsprosessen?**

Dei tre spørsmåla blir svarta på i dei fleste underkapitla med overskrift FS1, FS2 og FS3. Dette gjeld for kapitela: Teori, Resultat, Diskusjon og Konklusjon.

### 1.3 Samarbeid

Gjennom sommarjobb har fyrsteforfattaren hatt samarbeid med COWI og spesielt deira utdanningsgruppe «ProsjektlederForum» vidare utover hausten i prosjektoppgåva og litt utover våren. Siri Augdal har vore kontaktperson og tilført viktige bidrag til oppgåva.

Oppgåva er knytt til forskingsprosjektet INPRO, som er vist i Figur 1. Stipendiat Fredrik Svaalestuen har vore med som rettleiar til oppgåva. Dette er eit prosjekt som går frå 2013 til 2017. COWI har au bidratt her. I tillegg har Veidekke Entreprenør AS, Universitetet i Agder, NTNU Samfunnsforskning, NTNU Bygg og anleggsteknikk, NTNU Arkitektinstituttet, Ulstein og Nymo vore med. Prosjektet går ut på ein overordna idé om at prosjekteringsprosessen, der beslutninger om den tekniske utforminga av bygningar og konstruksjonar blir tatt, kan bli sett på som todimensjonal logikk: Ein sekvensiell logikk og ein gjensidig logikk. Dette blir trekt inn i oppgåva og blir presentert meir i detalj i Teori-kapittelet.



Figur 1 – INPRO-prosjektet sine deltakarar og struktur (Dammerud, 2015).

Statsbygg si BIM-gruppe har vist interesse for temaet i oppgåva og har tatt kontakt. Dei driv med standardiseringsarbeid med europeisk standard og BIM-manual 2.0. Her vurderer dei å implementere LoD språket, men har endå ikkje beslutta dette. Har vore samarbeid med desse gjennom heile våren.

I konferanseartikkelen, som er Del 2 av oppgåva, har Siri Augdal og Håvard Sommereth frå COWI og Stasbygg vore med som medforfattarar frå næringslivet. Ola Lædre, Fredrik Svaalestuen og Jardar Lohne har vore medforfattarar frå IBM-instituttet ved NTNU.

## 1.4 Disposisjon

Rapporten er oppdelt i tre delar: Masteroppgåverapport, Akseptert akademisk artikkel og Vedlegg. Studien vart starta som eit forstudie i Prosjektoppgåva, der fyrste litteratursøket vart gjort. Tråden vart tatt opp att i masteroppgåva, der det vart gjort nye litteratursøk. Den akademiske artikkelen (Del 2) vart levert 10. april 2017 og vart brukt som skjelett til den meir utfyllande Masteroppgåverapporten i denne delen (Del 1).

Forskingsspørsmåla har ikkje vorte endra radikalt gjennom året, men har vorte korrigert saman med medforfattarane i artikkelen under vegs i arbeidet, etter kvar som fokuset vart justert.

Inndelinga av rapporten er forklart på neste side.

## ***Del 1 Masteroppgåverapport***

**Kapittel 1 Innleiing** tek på 5 sider for seg Bakgrunn, Avgrensinga og forskingsspørsmål, Samarbeid og Disposisjon. I underkapittelet «Avgrensing og forskingsspørsmål» blir forskingsspørsmåla presentert.

**Kapittel 2 Metode** tek på 5 sider for seg metodikken som er brukt for å svare på forskingsspørsmåla. Litteraturstudie og case-studie basert på intervju og dokumentstudie er vald.

**Kapittel 3 Teori** legg på 14 sider det teoretiske grunnlaget for oppgåva ved hjelp av litteratur frå litteraturstudien. Teori-kapittelet svarar på forskingsspørsmåla gjennom litteraturen og presenterer eit forskingsgap. Namna på underkapitla (her vist med nummer 1, 2 og 3), med eigen underdeling (her vist med bokstavane a, b og c), går att i resultat og diskusjon og der difor viktig å merke seg. Dette er:

- 1) Prosjekteringsprosessen
  - a. Prosessen
  - b. Sløsing
  - c. BIM og ICE
- 2) Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen
  - a. Prosjektmodell
  - b. Lean prosjektering
  - c. Planar
- 3) Beslutningsplanlegging
  - a. Beslutning
  - b. LoD

**Kapittel 4 Resultat** brukar forskingsmetoda som er presentert i forskingskapittelet til å svare på forskingsspørsmåla over 20 sider. Kwart av dei tre spørsmåla blir svart etter underkapittel som i Teori-kapittelet.

**Kapittel 5 Diskusjon** brukar Teori og Resultat til å diskutere over 8 sider kvart forskingsspørsmål etter same underkapittel som i Teori-kapittelet, bortsett frå siste underkapittel 5.3.4 som presenterer eit konkret tiltak omtalt som Modningsplanen.

**Kapittel 6 Konklusjon** presenterer på 4 sider konklusjonen på forskingsspørsmåla med bakgrunn i resten av rapporten og konkluderer om Modningsplanen. Anbefalingar og vidare arbeid blir presentert på 1 side til slutt.

## ***Del 2 Akseptert akademisk artikkel***

Denne artikkelen er skjelettet til Del 1 på 8 sider på engelsk.

## ***Del 3 Vedlegg***

Inneheld intervjuguide og to døme på strukturen i litteratursøket.



## 2. Metode

For å sikre gjennomsluttheit og etterprøvbarheit, er forskingsmetodikken presentert i dette kapitlet. Fyrst blir val av metode presentert, så kvalitetsvurderinga som er brukt og til slutt dei to studia som har ført fram resultata i oppgåva; litteraturstudie og casestudie. I case-studien er det henta inn informasjon gjennom intervju og dokumentstudie.

### 2.1 Val av metode

Oppgåva tek utgangspunkt i forskingsspørsmåla som vart forma tidleg i arbeidet. Spørsmåla er rammene for arbeidet og går att i alle kapittel. Forskingsspørsmåla, slik dei er stilt, legg i størst grad opp til induktiv forskingsmetode. Dette går ut på at dei ikkje er forma med hensikt å bekrefte er avkrefte hypotesar, slik som det er gjort i eit deduktivt forskingsutgangspunkt. Studien er i staden utforma ved at empirisk data blir henta inn utan særleg forventning om kva som er svaret, noko som kjenneteiknar induktiv forskingsmetode (Busch, 2014).

Busch (2014) skil mellom to type forskingsdesign, ekstensivt og intensivt design. Grovt sett, er skilnaden at ekstensivt samlar inn overflatedata frå mange kjelder og intensivt går meir i djupna på færre. Sidan tid er ein viktig faktor for forskingsdesignet i oppgåva, er det avgrensa til casestudie med forholdsvis få respondentar. Forskingsspørsmåla avgrensar seg ikkje i særleg grad og har mange variablar. Fleire variablar krevjar djupe, lengre samtaler (Busch, 2014). Det er med grunnlag i dette vald intensivt design. Forskingsdesignet passar også til valet om induktiv forskingsmetode.

Neste skilje til Busch (2014) er valet mellom kvantitative og kvalitative metodar. Kvantitative metodar er målbare medan kvalitative er ikkje-målbare ((UiO), 2015). Med intensivt design er det få respondentar og mange variablar (Busch, 2014). Det er dermed mest aktuelt med kvalitativ metode. Utfordringa med denne er at det kan gje eit snevert syn og det er meir utfordrande å overføre resultata til andre situasjonar i kontekst (Busch, 2014). Flyvbjerg (2006) presenterer derimot at dette ikkje alltid er tilfelle, til dømes ved bruk av casestudie. For å redusere faren for snevert syn, bør ikkje talet på respondentar vera for få. Hovudfokuset i kvalitative metodar er ofte å oppnå heilskapsforståing (Olsson, 2014). Det er kvalitativ metode som er vald i oppgåva, sidan heilskapsforståing er føretrekt.

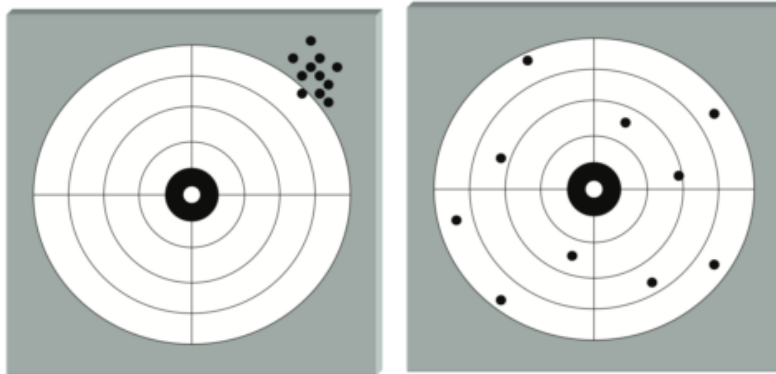
Studien er ei tverrsnittundersøking. Det vil seie at det ikkje ser spesielt på utviklinga i tid. Sidan BIM og LoD er under rask utvikling, er det nødvendig vurdere når datoen som blir henta inn er frå. Det er difor fokusert på at kjeldene som er brukt her er ferske.

Hovudforskingsdesignet i oppgåva er basert på litteraturstudie og case-studie med intervju og dokumentstudie. Skildring av metodane og omfanget er beskrive i Kapittel 2.3 og 2.4. I tillegg er det gjort ein innleiande forstudien i prosjektoppgåva med litt deltakande observasjon. Dette er kvalitative metodar med potensial til å gje godt innsyn i temaet frå eit organisasjonsperspektiv (Busch, 2014; Dahlum, 2014). Litteratursøket og case-studien er gjort parallelt og fekk gradvis endra litt perspektiv og fokusområde i oppstartsfasa.

## 2.2 Kvalitetsvurdering

Felles for alle metodane som er brukt er at stoffet er kvalitetsvurdert med fokus på pålitelegheit (reliabilitet) og gyldigheit (Dahlum, 2013). Pålitelegheit går på konsistensen eller stabiliteten i målingane (Tønnessen, 2016). Gyldigheita går på kva for grad ein, ut i frå resultatata, kan trekke gyldige slutningar om det ein har som formål å undersøkje (Dahlum, 2013).

I kvalitative forskingsmetodar er det avgrensa moglegheit til å sikre presisjon (pålitelegheit), skriv (Samset, 2007). Analyse er basert på meiningar, og det vil vera den definisjonsmessige gyldigheita som er avgjerande for å kor godheita på vurderingane. Utfordringa ligg i å sikre at kjelda som blir brukt gir uttrykk for det ein ønskjer å skildre eller utforske. Om det er tilfellet, er sjansen større for at kjelda er relevant i forhold til det ein skal analysere. Dette, sjølv om pålitelegheita ikkje er så god. Figur 3 og Figur 2 illustrerer samanhengen mellom gyldigheit og pålitelegheit med treffpunkt på ein blink (Samset, 2007). Det er forskingsspørsmåla som representerer blink. Kvalitativ metode skildrast best med Figur 3, ved at metoden ofte har avgrensa pålitelegheit.



*Figur 2 – Låg gyldigheit, god pålitelegheit (Samset, 2007)*      *Figur 3 – God gyldigheit, låg pålitelegheit (Samset, 2007)*

## 2.3 Litteraturstudie

I oppgåva vart det gjennomført eit litteraturstudie ganske nært den generelle fem-steps prosedyren for litteratursøk som er skildra av Blumberg et al. (2011):

1. Definere forskingsspørsmåla.
2. Plukke opp tips frå atlas, ordbøker, handbøker og tekstbøker om terminologi, personar og arrangement som er relevant for forskingsspørsmåla.
3. Nytt nøkkelord, nøkkelpersonar eller arrangement i søkeindeksen, biografier og nettet til å bestemte sekundærkjelder.
4. Lokalisere og vurdere bestemte sekundærkjelder som er relevante.
5. Vurder verdien av kvar kjelde og innhaldet.

Forskningsstudien her kan blir karakterisert som eit business-studie, som krev ein litt meir nyansert prosedyre som er vist i Figur 4. Dette kjem av at hovudutfordringa i eit business-studie er å filtrere ut den spesielt relevante litteraturen, ikkje berre den relevante (Blumberg et al., 2011).





Figur 4 – Litteratursøkeprosess (Blumberg et al., 2011).

Basert på Blumberg et al. (2011), med råd gjett på litteratursøkjarkurs med Lohne (2016) og tips frå Viko.no (2010), var oppgåva si søkeprosedyre i detalj følgjande:

1. Formulerte forskjellige søk ved hjelp av nøkkelord basert forskingsspørsmåla som: «Design», «decision management», «decision plan», «execution plan», «LoD» og «BIM» i søkemotorane Google Scholar og Oria (Norsk universitetsøkemotor). Funksjoner lista opp i Tabell 3 vart brukt av ulike grunnar presentert i tabellen.
2. Las overskrifter og abstract og lagra relevante artiklar i mappesystem for kvart søk i programmet *Endnote*. Utvalde artiklar vart lest og vald ut i frå rekkjefølgja (Lista etter minkande kvalitet); vitskapleg artikkel, konferanseartikkel, masteravhandling offentlig rapport (Lohne, 2016).
3. Innsnevring ved at spesielt interessante kjelder vart markert og analysert ved hjelp av (Viko.no, 2010). Her vart forfattarar sjekka opp i *Scopus* og impact factor og tal på sitringar notert og vurdert ut i frå TONE-kriteria: Truverdigheit, Objektivitet, Nøyaktigheit og Eignaheit. Til slutt vart det gjort ei heilskapsvurdering. To døme på vurdering frå litteratursøket gjort i faget prosjektleiing vidaregåande kurs er synt fram i Vedlegg B.

Tabell 3 – Funksjonar (Viko.no, 2010).

Funksjon	Kvifor?
<b>AND</b>	For å søkje etter fleire uavhengige ord
<b>()</b>	For å gruppere ord
<b>NOT</b>	For å utelukke
<b>OR</b>	For presisere at eit av orda må vera med
<b>*</b>	For å ha ord som startar med noko
<b>" "</b>	For å hente ut fraser

Denne søkeprosedyren vart gjort tre gonger gjennom prosjektoppgåva og masteren og fylte opp ei mappe med 52 masterkjelder og 29 prosjektoppgåvekjelder. Masterkjeldene er dei mest relevante sidan dei kjem frå søk gjort etter at forskingsspørsmåla var spikra. Søka som vart gjort i prosjektoppgåva er vist i Tabell 4. Her er også google tatt med for å samanlikne opp mot Oria og Scholar. Desse to utfyller kvarandre ved at dei hentar stoff frå forskjellige databasar frå forskjellige plassar i verda og gir dermed ulikt tal treff. Det er også andre forskjellar ein må vera klar over, som at google søkemotrane baserer søk på tidlegare søk (Lohne, 2016).

Tabell 4 – Oversikt over søkeord vart brukt fyrste søket (Henta frå litteraturstudien).

Søkenummer og søkeord	Tal på søkertreff		
	Oria	Google scholar	Google
1. (Level of development) AND (BIM OR (building information modelling))	325	95 800	501 000
2. (Decision making) AND Engineering	83 366	2 140 000	82 mill
3. (Set based design) and BIM	133	40 800	1,1 mill
4.((Sequential logic) OR (Reflective logic)) AND engineering AND BIM	296	1410	161 000
5.(Last responsible moment) AND BIM	1003	11 100	2,6 mill
6. Communication AND Engineering AND Design	70 491	3,6 mill	30 mill
7."Communication in Engineering design"	89	106	70 100
8."Level of development" AND Design	345	79 400	4,4 mill
9. (E6 frya-vinstra) AND BIM	2	1	168
10. (Infrastructure OR Roads) AND BIM	21	5 670	509 000
11.(Decision making) and BIM	450	27 000	534 000
12. BIM-standard AND LOD	9	698	206 000
13. Beslutninger i prosjektering AND samferdsel	3	177	12 400

Seinare i søkeprosessen, når problemstillinga var spikra, vart det gjort meir raffinerte søk som er vist i Tabell 5. Dette var for å avgrense søket til færre treff og så nær blinken, altså nær forskingsspørsmåla. Dette resulterte i seks av dei siste relevante kjelder som vart nytta i oppgåva.

Tabell 5 – Siste litteratursøk.

Søkenummer og søkeord	Tal på søkertreff	
	Oria	Google Scholar
1. ((decision plan) design BIM LoD) AND (execution plan)	44	10 800
2. "decision plan" AND design AND BIM AND LoD AND (execution plan)	1	6
3. (decision plan) AND design AND BIM AND LoD AND (execution plan) AND (case study) AND norway	10	1380
4. (decision plan) AND design AND BIM AND LoD AND (execution plan) AND (case study) AND (creative design)	12	4810
5. (decision plan) AND design AND BIM AND LoD AND (execution plan) AND (case study) AND (creative design) AND (Level of development)	12	4610
6. (decision plan) AND design AND BIM AND LoD AND (execution plan) AND (case study) AND (creative design) AND (Level of development) AND Standardization	6	3430

## 2.4 Casestudie

### 2.4.1 Case

Case-studien bestod av fire casar som blir presentert i Tabell 6. Ein samferdselscase og tre bygg-casar er vald. Grunnen til at det er plukka ut flest bygg-casar er fordi BIM-utviklinga er kome lengst her (Cheng et al., 2016).

Case-studien har i stor grad følgd retningslinjer frå Yin (2009). Av «Dei seks kjeldene til bevis» som Yin (2009) presenterer, er det spesielt intervju og dokumentstudie som er mest aktivt nytta i studien. I tillegg er deltakande observasjon nytta litt i inngangen av studien ved deltidsjobb innanfor det prosjekterande firmaet COWI. Opplegget er vidare bygd på Yin (2009) sine «fire prinsipp for datainnsamling» for å oppnå best mogleg pålitelegheit og gyldigheit. Det er spesielt lagt vekt på å nytte fleire kjelder som bevis ved å gjera intervju med like spørsmål, kontrollere svar opp mot litteratur og gjennomgå dokument frå casane. Case-studien har innehalde elleve case-spesifikke intervju i tillegg til to generelle intervju (ikkje-case-spesifikke). Som vist i Tabell 6, representerer casane prosjekt i forskjellige fasar, kontraktsformer, storleik og omfang. Alle er dessutan prosjekt der det er brukt BIM i utprega grad. Det er vald litt forskjellige perspektiv på casane for å auke sjansen for at studien gir funn som er gyldige svar på forskingsspørsmåla.

Tabell 6 – Case-informasjon.

Prosjektnamn	Intervju (tal på)	Kostnad (MNOK)	Omfang	Kontraktsform	Fase (10.02.2017)
KHiB (Kunsthøgskulen i Bergen)	4	1086	Ny kunsthøgskule på 800 m <sup>2</sup> gjennomført med bruk av Lean	Delt entreprise	Overlevering
Grimelundsveien	3	1200	20 luksusleilegheiter	Totalentreprise	Detaljprosjektering
Bispevika	2	Ukjent	1300 dyre leilegheiter	Delt entreprise	Forprosjektutvikling
Flyplasskrysset	2	141	350-meter lang bru over E6 og E16 med kryss	Totalentreprise	Bruk

Case-studien sine største fordelar er at den kan baserer seg på eit breitt utval av datagrunnlag og dermed kan nytte ulike kjelder, slik som forskingsspora krev (Yin, 2009). Ulemper med metoden er at den kan vera mindre påliteleg enn metodar som til dømes spørjeundersøkingar eller eksperimentelle. Metoden er lite eigna for statistisk generalisering (Yin, 2009). Yin (2009) påpeiker derimot at den er godt eigna til analytisk generalisering. Ein serie av casestudie kan gje viktige bidrag til eit fagfelt (Olsson, 2014). Triangulering, altså å bruke forskjellige metodar og kjelder, kan kompensere for svakheiter i metoden ved å avdekke feil eller ufullstendigheiter i funn (Olsson, 2014).

#### 2.4.2 Intervju

Dei elleve case-spesifikke og to generelle semistrukturerte djupneintervjua er gjennomført med både byggherre, entreprenør og prosjekterande. Breitt perspektiv er vald med tanke på triangulering av svar. Nøkkelpersonell som prosjektleiarar, prosjekteringsleiarar og fagfolk er intervjuar (Yin, 2009). Vedlegg A viser intervjuguiden som er brukt under kvart intervju for best mogleg å kunne samanlikne svar. Kvart intervju var fastsett til å ta mellom 60 og 90 minutt og er laga etter retningslinjer frå rettleiar og (Olsson, 2014). Denne følgjer forskingsspora. Intervjua vart tatt opp med telefon, transkribert og samanslutta i eget dokument.

Fordelane med intervju er at ein kan stille case-spesifikke spørsmål og på denne måten få forklaring på spørsmål og innsikt i personlege perspektiv. Det er viktig å vera klar over at metoden kan ha svakheiter ved dårlege stilte spørsmål, dårlege svar og dårleg gjengiving av svar. I tillegg kan det hende at respondenten «gir» det intervjuar er ute etter. Det er difor viktig å rette fokus til korleis spørsmåla blir stilt. Det er forsøkt å stille dei minst mogleg leiande (Thagaard, 2013; Yin, 2009).

#### 2.4.3 Dokumentstudie

Som støtte til intervju er det gjort dokumentstudie av casane (Olsson, 2014; Weber, 1990). Dette er både gjort i forkant og etterkant av intervjuar. I forkant er prosjektpresentasjonar innhenta over mail og googlesøk for å stille førebudd. Parallelt med intervjuar, eller i etterkant er framdriftsplanar, beslutningsplanar og BIM-manualar studert for å auke forståinga av svara

og for å stille tilstrekkeleg spesifikke oppfølgingsspørsmål. Det vart i tillegg opna BIM-modellar for å forstå respondentane sine svar. Her vart det til dømes synt fram døme på kollisjonar mellom fag som hadde oppstått under vegs.



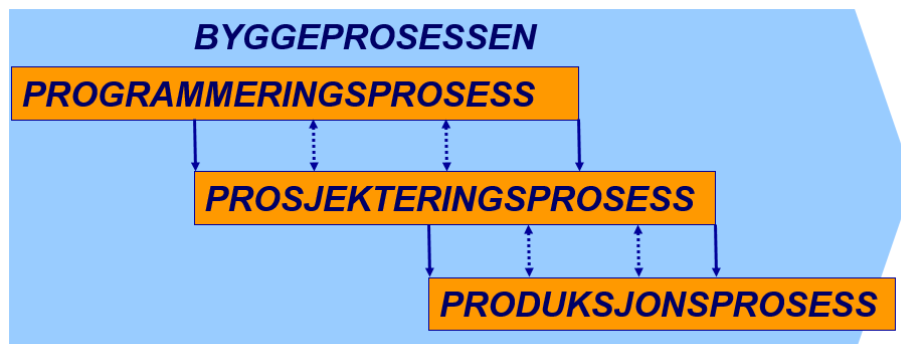
### 3. Teori

Underkapitla i rapporten presenterer fyrst prosjekteringsprosessen, deretter planleggingsstrukturen i denne, så beslutningsplanlegginga i den, for så å samanfatte kort Teori-kapittelet sine svar på forskingsspørsmåla og presentere kunnskapsgapet innanfor feltet.

#### 3.1 Prosjekteringsprosessen

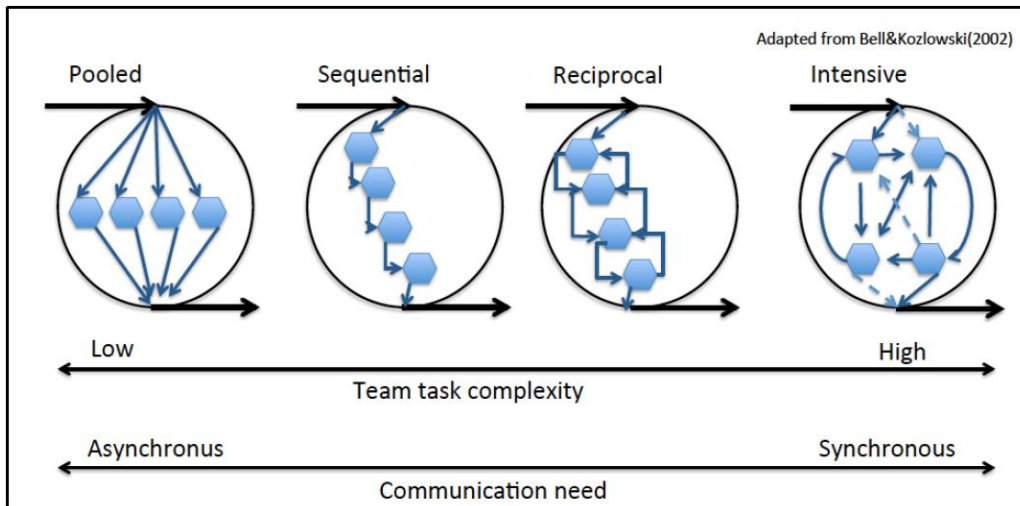
##### 3.1.1 Prosjektering

Prosjektering er ein prosess der fagfolk, kalla prosjekterande, arbeider med å skildre og berekne bygg- og anleggsleveransar. Dei prosjekterande er vanlegvis arkitektar og rådgivande ingeniørar. Hovudfunksjonen deira er å utvikle prosjektet som fysisk objekt med grunnlag i programmeringsprosessen og andre krav og omsyn, og utarbeide teikningar og beskrivingar som kontraktsgrunnlag og arbeidsgrunnlag for produksjonsprosessen. I tillegg har dei prosjekterande ofte rolle som faglege rådgivarar (Eikeland, 2016). Ein vanleg samanheng mellom dei tre prosessane i byggeprosessen er vist i Figur 5 der prosessane går parallelt i tid (x-aksen).



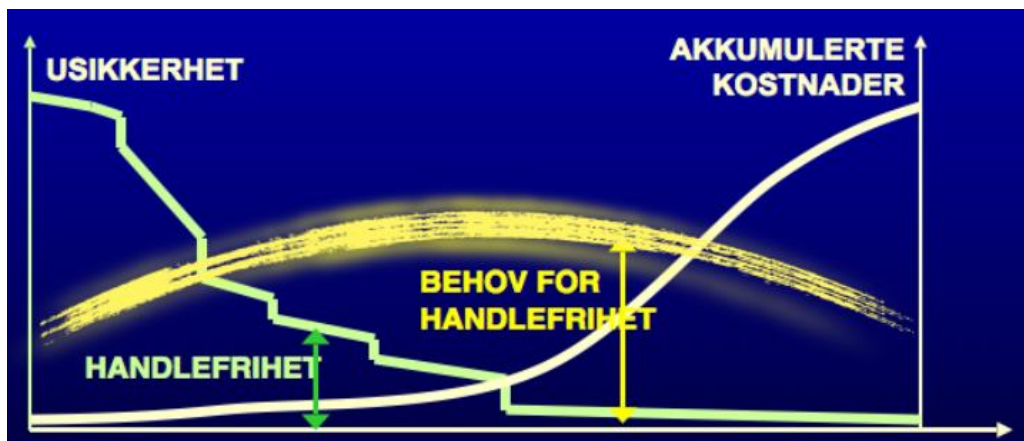
Figur 5 – Samanheng mellom prosessar (Eikeland, 2016).

Som resten av byggeprosessen inneheld prosjekteringsprosessen ein mengde aktivitetar. Ulikt frå dei andre prosessane, er prosjekteringa kjent for å vera spesielt iterativ og «reciprocal» som er engelsk for *gjensidig*. Dette er vist i Figur 6. Det vil seie at oppgåver blir repetert (iterative) og har ei gjensidig (reciprocal) avhengigheit. Meir spesifikt går det ut på at aktivitet A må ha innputt frå aktivitet B før den kan bli fullført. Like eins må aktivitet B ha innputt frå A før den kan levere sin output til A. Prosjekteringsprosessen startar gjerne med «intensive» logikk, som er engelsk for *intensiv* (Figur 6). Der avhenger fleire av aktivitetane til kvarandre. Når grove linjer i prosjekteringa er landa, går teamkompleksiteten ned med at aktivitetar blir «recipractal». Vidare ut i prosjekteringa er aktivitetane i stor grad sekvensielle, der aktiviteten er som ein stafettpinne – aktivitet B plukker opp der A slutta. (Knotten et al., 2015). Dette er ulikt produksjonsprosessen, som i størst grad og helst er sekvensiell. Det er lett å forstå at fargen på veggjen ikkje bør bli bytta etter at veggjen er malt.



Figur 6 – Samanheng mellom aktivitetar (Knotten et al., 2015).

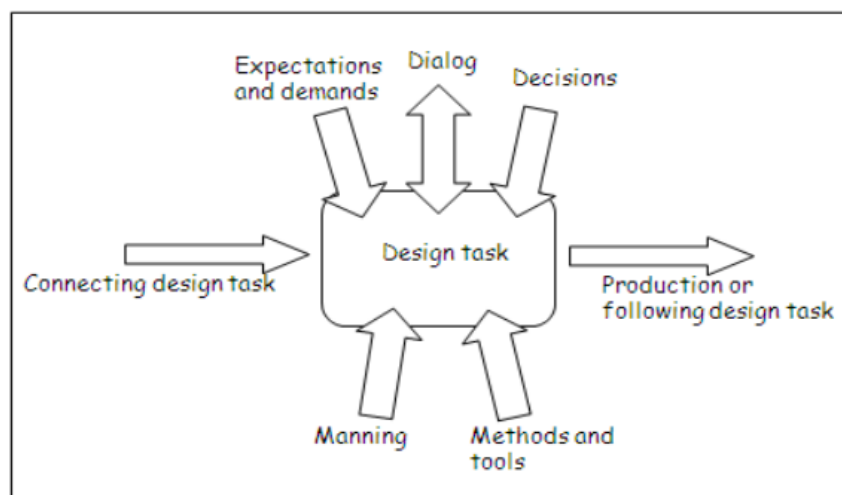
Figur 7 viser korleis usikkerheit i eit prosjekt typisk kan utvikle seg. Etter kvart som utvikling i prosjekteringa blir beslutta, minkar også usikkerheita. Tida som går med til å beslutte har ein kostnad. Det er difor hensiktsmessig å beslutte mest mogleg for best mogleg å kunne rekne ut kva bygget vil koste og for å halde prisen låg. Usikkerheit for nokon aktørar definerer handlingsrommet for andre (Eikeland, 2016). Når byggeherre bestemmer at huset skal ha to etasjar, må dei prosjekterande handle etter desse rammene. Handlefriheita går ned likt med usikkerheita. Eit vanleg dilemma er at behovet for handlefriheit aukar etter kvart som usikkerheita minkar, på grunn av at brukarane og prosjekteigar til dømes får betre forståing av kva for eigenskapar bygget skal ha i praksis. Blir det gjort ei endring som følgje av dette, utover tilgjengeleg handlefriheit – til dømes å tilføre ein ekstra etasje for å auke plassen – kan det føre til større akkumulerte sluttkostnad (Eikeland, 2016).



Figur 7 – Samanheng mellom usikkerheit og tid (Eikeland, 2016).

Kvar ein skild prosjekteringsaktivitet kan bli sett på som i Figur 8 henta frå Bølviken et al. (2010). Figuren syner seks føresetnadar for at ein aktivitet skal vera sunn. Da må den bli tilført menneskap, metodar og verktøy, forventingar og krav, dialog (som går begge veger) og beslutningar.





Figur 8 – Sunn prosjekteringsoppgåve sitt behov for innputt (Bølviken et al., 2010).

Å leie prosjekteringsprosessen går ut på å leie arbeida med prosjektjakteringsoppgåvene i mellom anna Figur 8 (Knotten et al., 2015). Spørsmålet i prosjekteringsleiing er korleis ein skal leie prosjekteringa, ikkje korleis ein skal prosjektere. Kor stor grad prosjekt treng leiing, varierer frå prosjekt til prosjekt (Bølviken et al., 2010). Døme på prosjekterande fag som vanlegvis skal leiast er: Arkitektar (Ark), Landskapsarkitektar (LARK), Rådgivande Ingeniør Bygg (RIB), Rådgivande Ingeniør Elektro (RIE), Rådgivande Ingeniør VVS og vegplanleggarar (Veg).

### 3.1.2 Sløsing

Som alle prosessane i byggeprosessen er det ein del å gå på når det gjeld effektivitet. Prosjekteringsprosessar i dag inneheld ofte mykje sløsing (El. Reifi & Emmitt, 2013). Sløsing, eller meir kjent gjennom det engelske ordet «waste», blir definert som aktivitetar som forbruker ressursar utan å skape verdi (Womack & Jones, 2003). I prosjekteringa er mange av aktivitetane iterative, altså gjentakande. Dei er likevel ofte verdiskapande, i motsetnad til iterative prosessar i produksjonsprosessen (Ballard, 2000b). Det er lett å tenkje seg at enklare å beslutte å flytte ein betongvegg ein meter i prosjekteringa, medan det er verre når veggen er under produksjon. Ballard (2000b) skil mellom negative og positive iterasjonar. Negative iterasjonar er under definisjonen på sløsing, medan positive er det motsette; dei som skaper verdi. Det kan vera vanskeleg å sjå kvar veggen burde stå, før den er plassert ut. Ein slik iterasjon som kan bli gjort av til dømes RIB, er difor ein positiv iterasjon i prosjekteringa.

Ballard (2000b) presenterer tall frå design team som har estimert at heile 50% av prosjekteringa går med på negative iterasjonar. For å redusere dette foreslår han fire punkt:

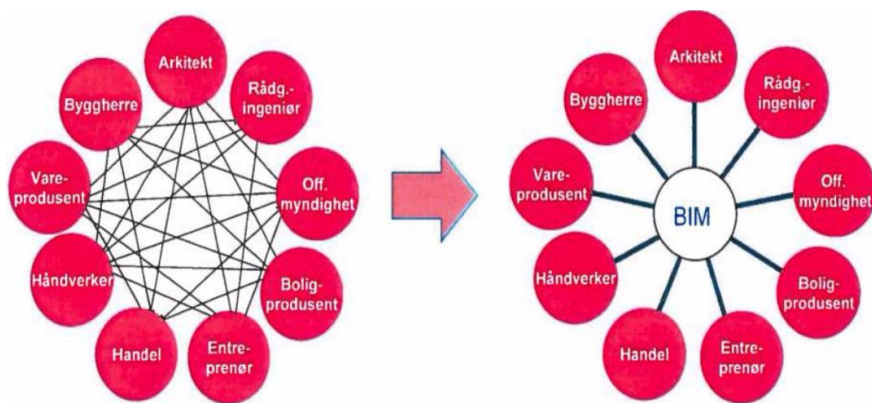
1. Omstrukturere prosjekteringsprosessen
2. Omorganisere prosjekteringsprosessen
3. Forandre måten prosjekteringsprosessen blir styrt på
4. Viss alt anna mislykkas: Overprosjektere

### 3.1.3 BIM og ICE

Prosjekteringsleing kan forenkla bli sett på som å leie folk og informasjon (Knotten et al., 2015). Kommunikasjon er det vi treng for å overføre informasjon, så kommunikasjon står difor sentralt i prosjekteringsleing (Østby-Denglum et al., 2013). Her blir det presentert to verktøy som er brukt for å omstrukturere og omorganisere prosjekteringsprosessen og måten den blir styrt på: BIM og ICE.

#### *BIM*

BIM blir av Eastman et al. (2011) definert som modelleringsteknologi med tilknytte prosessar for å produsere, kommunisere og analysere bygningsmodellar. Samanlikna med tradisjonell prosjektering blir det ved bruk av BIM tilført informasjon inn i BIM-modellen slik at kommunikasjonen går gjennom denne. På denne måten blir den kaotiske informasjonsflyten forbetra frå venstre til høgre i Figur 9.



Figur 9 – BIM som felles informasjonsmottakar (Østby-Denglum et al., 2013).

BIM har ein rekke bruksområde: Visualisering, tverrfagleg koordinering av 3D-geometri, kollisjonskontrollar, konstruksjonsgjennomgang, mengde og kalkulasjon, kostnadsanalyser, 4D-planlegging (tid og ressursar), 5D-planlegging (Mengder, kostnadar og aktivitetar), FDV (forvaltning drift og vedlikehald), LCC og LCA-analyser, Simulering og analyser og intelligent 3D-modell (Knutsen et al., 2014).

Det er ein lang rekke BIM-programvarer som er i bruk rundt om i verda. *ArchiCAD*, *Revit* og *Novapoint* er nokon av dei som er vanlege i Noreg, saman med modellsjekkeprogrammet *Solibri* (Wikipedia, 2016). På samferdselsprosjekt i Noreg er det spesielt programma *Novapoint*, *INFRAworks* og *Naviswork* som ofte blir brukt (Aaserud & Lædre, 2014b). *Revit* og *ArchiCAD* er vanlege til prosjektering av bygg (Wikipedia, 2016). Til tross for stort behov for BIM på samferdselsida, presenterer Cheng et al. (2016) at potensialet til BIM i langt større grad er utnytta på byggsida enn det er på samferdsel. Det har vore auka interesse for BIM siste åra og næringa er i ferd med å standardisere verktøy og arbeidsmetodar for slik at BIM skal fungere best mogleg. BuildingSMART er ein organisasjon som arbeider med å digitalisere av opne BIM-format (buildingsmart.no, 2017a). «ÅpenBIM» er eit omgrep dei bruker om framgangsmåten med å ta i bruk konverteringsmåte kalla IFC saman med ei dataordbok kalla «bsDD» og prosessen IDM (Information Delivery Manual). IFC er eit

konvertert format, akkurat som pdf-formatet, som blir lest gjennom *Solibri* (buildingsmart.no, 2017b).

### *ICE*

Virtual Design and Construction (VDC) er eit rammeverk for gjennomføring av byggeprosjekt utvikla ved Stanford University i USA. Ved sidan av «rammeverk om styring» og «planlegging og bruken av BIM» er den tredje pilaren i rammeverket «bruken av ICE» (Integrated Concurrent Engineering). ICE er spesielt interessant innanfor kommunikasjon. Metodikken går ut på samlokalisering og samtidig prosjektering i team med tverrfaglege ekspertar med tilrettelagt metode og teknologi. Møta skjer i sesjonar – vanlegvis heildags – ein eller fleire dagar i veka og er karakterisert med flat struktur med oppdeling i mindre grupper under vegs (Østby-Denglum et al., 2013).

Fordelene med ICE er at metoden sørger for veldig låge kommunikasjonsbarrierar og venting i kommunikasjonen. Terskelen for å spørje sidemannen blir senka (Østby-Denglum et al., 2013).

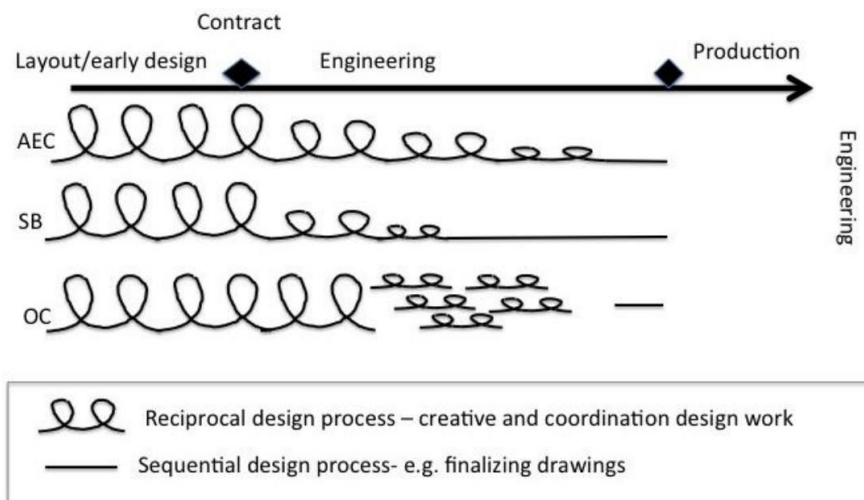
Ulempene med metoden er svært intens og psykologisk krevjande. Ikkje alle taklar å prosjektere med mange som pratar rundt seg og det lett å føle seg overkøyrtd ved å jobbe i team ukjent team (Østby-Denglum et al., 2013).

#### 3.1.4 Knep å hente frå offshore-bransjen?

Knotten et al. (2016) har undersøkt likskapane og ulikskapane i prosjekteringsprosessen i bygg- og anleggsnæringa, skipsbyggingsbransjen og offshore-bransjen (AEC, SB og OC). Dei presenterer likskapar som dei meiner gjer det mogleg å hente lærdom om planlegging og koordinasjonsmetoder frå offshore-bransjen til bygg og anleggsnæringa. Likskapane som blir trekt fram er at det er prosjektbaserte, unike prosjekt med liknande kontraktsformer.

I Skipsbyggings- og offshore-bransjen er det brukt andre prosedyrar for å planlegge og gjennomføre prosjektering. Prosedyrane er sagt å utnytte meir av potensialet i BIM (Knotten et al., 2016). Som Figur 10 syner, har Bygg- og anleggsnæringa stegvis minkande gjensidige (reciprocal) prosjekteringsaktiviteter inn mot beslutningspunktet/beslutningsporten til produksjonen. Beslutninga er markert med svarte stjerner. Teikningsproduksjon er vist med rett strek i figuren, som illustrerer at dei er sekvensielt produsert heilt til slutt. Innanfor offshore-bransjen har dei forskjellige faga delfristar til å fullføre sitt arbeid i modell, altså sine beslutningar om utviklinga av modellen. Det gjer at dei iterative gjensidige aktivitetane (illustrert som krusedullar) blir delt opp i eigne mindre krusedullar som stoppar på ulikt tidspunkt. Teikningane blir ikkje sekvensielt produsert før ei tid etter delfristane til dei ulike faga. Modellen får dermed tid til å utvikle og modne seg på denne tida.

Skipsbyggingsbransjen liknar meir på bygg og anleggsnæringa berre at beslutningar om utviklinga blir gjort tidlegare og er dermed ikkje like interessant.



Figur 10 – Samanlikning av prosjekteringsprosessen i ulike bransjar (Knotten et al., 2016).

## 3.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen

### 3.2.1 Prosjektmodellar

#### *Fasar og gjennomføringsmodell*

Det er vanleg å dele inn prosjekt i ulike fasar. Fasar er i starten av kapittelet definert som prosjektet sine utviklingstrinn, sjølv om ikkje faseovergangane alltid er like klare (Samset, 2007). Eikeland (2016) deler inn i generiske og formelle fasar. Generiske, beskriv generelle trekk i gangen av byggeprosessar. Formelle, har planlagt inndeling av byggeprosessen med tilhøyrande milepelar, der prosjektet skal ha ein bestemt dokumentasjon som grunnlag for beslutningar om vidareføring.

I tidlege fasar i prosjekt blir gjennomføringsmodell vald, altså prosjektet si organisering. Den beskriv blant anna kontrahering av prosjekterande (Venås, 2011). Kontraheringa kan skje etter ein kontraktsstrategi. Lædre (2009) skriv at «*alle seriøse byggherrer bør ha en generell eller overordnet kontrakstrategi, som kan gi føringer for val av prosjektspesifikk kontrakstrategi tilpasset det enkelte prosjekt*». I prosjekteringa er det ofte behov for å tidleg involvering av entreprenør. Entreprenøren kan da bidra med sin kompetanse på dei tekniske løysingane som blir vald (Lædre, 2009). Å velje kontraktsforma totalentreprise i gjennomføringsmodellen er ein av fleire metodar for få dekkja behovet for tidleg involveringa av entreprenør (Wondimu et al., 2016).

#### *Prosessar*

Prosessar er ein anna måte å dele inn prosjekt på, men dei går derimot ofte parallelt. Eikeland (2016) beskriv byggeprosessen, den overordna prosessen i eit byggeprosjekt, som informasjonsinnhenting og utveksling, kreativ verksamheit, transport og lagring og produksjon av ulik karakter. Altså dei aktivitetane som har bidrege til prosjektet på ein eller anna måte. Eikeland (2016) fortsett med å dele inn i delprosessar. Med ulik karakter varetek dei mellom anna planlegging, styring, anskaffingar, finansiering, utleige/sal, regulering, byggemelding og godkjenning, programmering, prosjektering, produksjon, prefabrikasjon og montasje, innflytting og driftstart.

## Fasenorm

Tett ved alle bedrifter og organisasjonar nyttar ei standardisert inndeling av prosjektfasar, altså brukar forskjellige prosjektmodellar. Utfordringa i bygg- og anleggsnæringa er at organisasjonar har forskjellige modellar på grunn av ulike behov og preferansar (Bygg21.no, 2015). Bygg21 er eit samarbeid i Bygg- og Anleggs- og eigendomsnæringa (BAE-næringa) og statlege myndigheiter for å forbetre produktiviteten og berekrafta i næringa. Dei har sett på praksisen i næringa, og mellom anna bruken av fasenormer. Frå samanlikninga deira av ulike fasenormer som finns er det her presentert ei samanfating i Tabell 7. Den syner vanlege fasenormer for arkitektar, Statsbygg (gamle og nye), rådgivande ingeniørfirma (RIF), Statens vegvesen, Jernbaneverket og SamBIM<sup>1</sup>. Øvst i tabellen viser den bygg21 sin 8-tinns faseinndeling *Neste Steg*, som er inspirert av blant anna RIBA-standarden (Bygg21.no, 2015).

Tabell 7 – Nokre fasenormer i bygg- og anleggsnæringa.

Aktør	Fasar							
Neste Steg (Bygg 21)	1 - Strategisk definisjon	2 - Programutvikling og konseptutvikling	3 - Forprosjektutvikling	4 - Detaljprosjektering	5 - Produksjon og leveranse	6 - Overlevering/ ibruktakelse	7 - Bruk	8 - Avvikling
Arkitektfagleg ytelsesbeskrivelse	Utredningsfasen	Skisseprosjektfasen	Forprosjektfasen	Detaljprosjektfasen	Utføringsfasen		Driftsfasen	
Statsbygg (gamal/ny2016)	Initiering/ Utreie	Programmering/ Avklare	Forprosjekt/ Utvikle	Detaljprosjekt/ Planlegge	Bygging / Gjennomføre	Bygging / Avslutte	Reklamasjon/ Forvalte	
RIF		Programmering	Prosjektering		Produksjon	Overtaking / reklamasjonstid	Forvaltning, drift og vedlikehald	
Statens vegvesen	NTP strategisk utredning	Konseptvalutreiing	Forprosjekt	Detaljplan / reguleringsplan	Byggeplan		Forvaltning, drift og vedlikehald	
Jernbaneverket	NTP strategisk utredning	Konseptvalutreiing	Teknisk hovudplan/ kommuneplan	Teknisk detaljplan / reguleringsplan	Byggeplan / byggemelding	Produksjon/ overlevering	Forvaltning, drift og vedlikehald	
SamBIM <sup>1</sup>	Programmering		Prosjektering		Produksjon		Drift	

Det Bygg21.no (2015) ønskjer å illustrere med å samanlikne fasenormene vist i Tabell 7, er at det i stor grad er felles struktur i mange av modellane. Ulike organisasjonar sett også ulike namn på fasar utan at det nødvendigvis er lagt ulike ting i det, noko som kan skape unødvendige misforståingar.

Bygg21.no (2015) kjem med følgjande argument for standardisere ein fasemodell:

- Innfører felles terminologi og omgrepsbruk
- Aukar kunnskap og bevisstheit hos enkeltpersonar
- Rettleier om korleis byggeprosjekt skal bli gjennomført og klargjera prosedyrar
- Sikrar at alle nødvendige beslutningar tas i rett tid og av dei riktige organa
- Støttar planleggingsarbeidet i kvart enkelt prosjekt og sikre at alle vesentlege oppgåver blir utført

<sup>1</sup> SamBIM er eit innovasjonsprosjekt som har som mål å utvikle og etablere prosesser og samhandlingsmodellar understøtta av BIM for auke verdiskaping i byggeprosjekt, byggebransjen og partnerbedriftene (sam-bim.no, statsbygg.no/sam-bim)

- Sikrar god informasjonsflyt ved at aktørane har felles forståing av informasjonsbehovet
- Sikrar god styring og koordinering av prosjektdeltakarane med ei felles referanseramme.

Bygg21.no (2015) beskriv fordelane med fasenorma *Neste Steg* (Tabell 7) med at den:

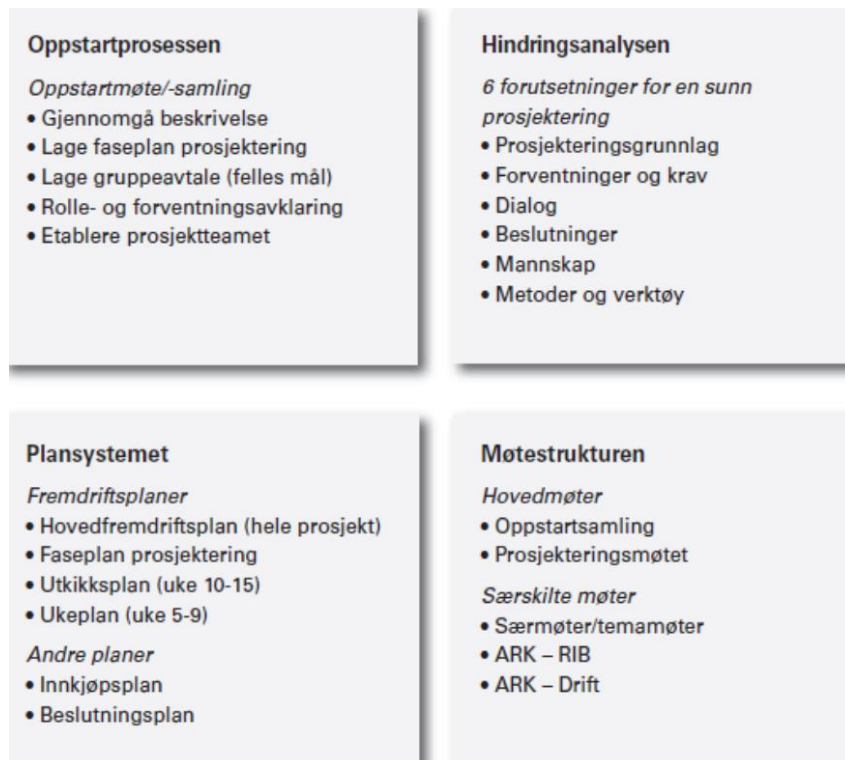
- Reduserer talet på misforståingar og aukar produktiviteten
- Hjelp til å fase inn partane på riktig tidpunkt
- Tydeleggjer premisser og sørger for at leveransar kjem til rett tid.
- Reduserer venting, feilretting og sløsing
- Effektiviserer kommunikasjonen og tilgjengeleg informasjon, når den digitale informasjonsflyten som er forutsett fungerer.

Bygg21.no (2015) legg fram at *Neste Steg* er meint som utgangspunkt til å definere bedrifta sin prosjektmodell og skildre prosjektet sin gjennomføringsmodell. Den kan også bli brukt som ei felles referanse når fleire organisasjonar samarbeider i eit prosjekt. Den kan ikkje erstatte god planlegging og styring, men gjera det enklare å oppnå.

For å unngå misforståing er *Neste Steg* brukt vidare i oppgåva.

### 3.2.2 Lean prosjektering

Lean er ein produksjonsmetode som stammer frå Toyota sin bilproduksjon. Metoden går ut å på å tenkje heilheit i prosjekter ved å fokusere på verdi for alle aktørar, redusere sløsing og å planlegge effektivt. I tillegg er det å opne for å kunne kontrollere prestasjon ved hjelp av målingar slik at prosessen kan bli effektivisert (Knotten, 2015). Ei skandinavisk tilpassing av Lean går under namnet *Involverande Planlegging* (IP) som er gjort av blant anna Veidekke AS (Drevland, 2016). Denne tek i bruk *Last Planner System<sup>TM</sup>* som blir presentert i neste underkapittel, *Planar*. Hovudmålet er å redusere tapt tid og skape flyt i produksjonen (Venås, 2011). Det er også gjort arbeid med å inkludere Lean i prosjekteringsprosessen. Ein skandinavisk versjon av dette blir kalla *Involverande Planlegging i Prosjektering* (IPP). Den er ein del av forskingsprosjektet *Integrert Metodikk for Prosjekteringsleiing* (INPRO), som denne oppgåva er ein del av (Knotten, 2015). Hovudelementa i IPP er vist i Figur 11 og er oppstartsprosessen, hindringsanalyse (Figur 8), plansystem og møtестruktur. IPP er ein viktig del av arbeidet som blir gjort på strukturering av prosjekteringsprosessen i Noreg (Bølviken, 2014).



Figur 11 – Dei fire hovudelementa i IPP (Bølviken, 2014).

### 3.2.3 Planar

Planar strukturerer og kontrollerer arbeid i byggeprosessen. Dette gjeld også prosjekteringsprosessen der planer er viktig for å kunne kontrollere eller «ta målingar» (Drucker, 2008). Koskela et al. (1997) kartlegg kva for planar prosjekteringsprosessen tradisjonelt inneheld og relasjonen mot produksjonsprosessen. Studien er gjort for å undersøkje om Lean Construction og Last Planner System™ er like relevant i prosjektering som produksjon (Ballard, 2000a). LPS er eit av hovudelementa i IPP som er nemnt i førre underkapittel. Koskela et al. (1997) konkluderer med at relevansen delvis stemmer. Ulikskapen er mellom anna den kaotiske iterative naturen spesielt i tidlege prosjekteringsfasar, som er ein er ein verdiskapande og nødvendig del prosessen.

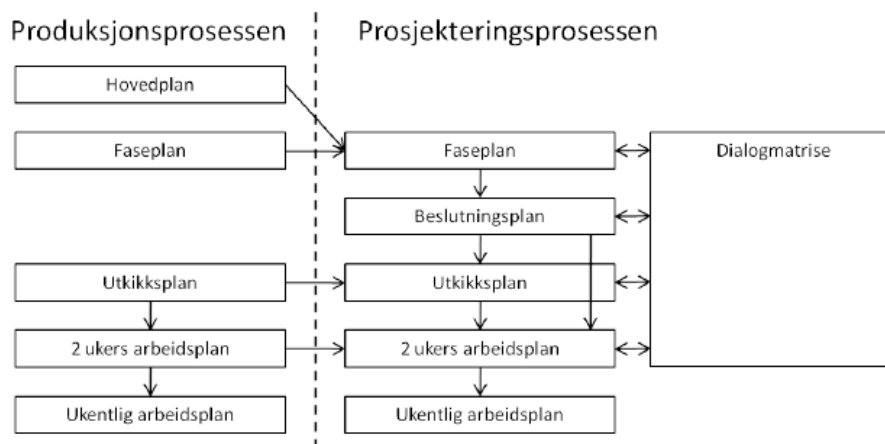
LPS er ei metode som er utvikla i Lean Construction-miljøet for å betre planlegginga og styringa av produksjonsfasa i eit byggeprosjekt. Ballard et al. (2009) beskriv gangen i metoden etter fem prinsipp:

- 1) Planlegge gradvis meir detaljert når arbeidet nærmar seg,
- 2) Lage planar saman med dei som skal gjera arbeidet
- 3) Oppdage og fjerne trongheiter ved planlagde aktivitetar som eit team
- 4) Lage og sikre pålitelege lovnadar
- 5) Lære av nederlag

Koskela et al. (1997) beskriv at ein tradisjonell prosjekteringsprosess skjer ved at framdriftsplanlegging baserer seg på ein hovudplan namngjett «teikningsleveranseplan». Denne beskriv når dei forskjellige prosjekterande skal ha ferdig sine teikningar. Prosjektleiari lager planen basert på «kritisk-veg-metoden» (CPM) og på erfaring og innputt frå

Hovudframdriftsplanen. Prosjekteringsmøter er anten ein gong i veka, eller anna kvar veke, avhengig av kor stort og komplekst prosjektet er. Spesielle problem blir løyst ved at prosjekteringsleiar kallar inn til sær møte.

Bølviken et al. (2010) har følgd opp problemstillinga å implementere LPS i prosjekteringa og har kome med nokre forslag til endringar. Figur 12 syner relasjonane mellom planane i prosjekteringsprosessen og til produksjonsprosessen. Merk at det her er lagt til ein beslutningsplan som er brukt for å planlegge og følgje opp eller leie beslutningar, som er ein del av prosjekteringsleinga (Bølviken et al., 2010). Dialogmatrisa er også berre i prosjekteringsprosessen. Dialog er som nemnt i 3.1.1 som ei av dei seks viktige føresetnadane for ein sunn prosjekteringaktivitet. I tillegg finns Faseplan, Utkikksplan, 2-vekers plan og Vekeplan som blir gradvis meir detaljert planar (Bølviken, 2014).



Figur 12 – Relasjon mellom planar (Bølviken et al., 2010).

### 3.3 Beslutningsplanlegging

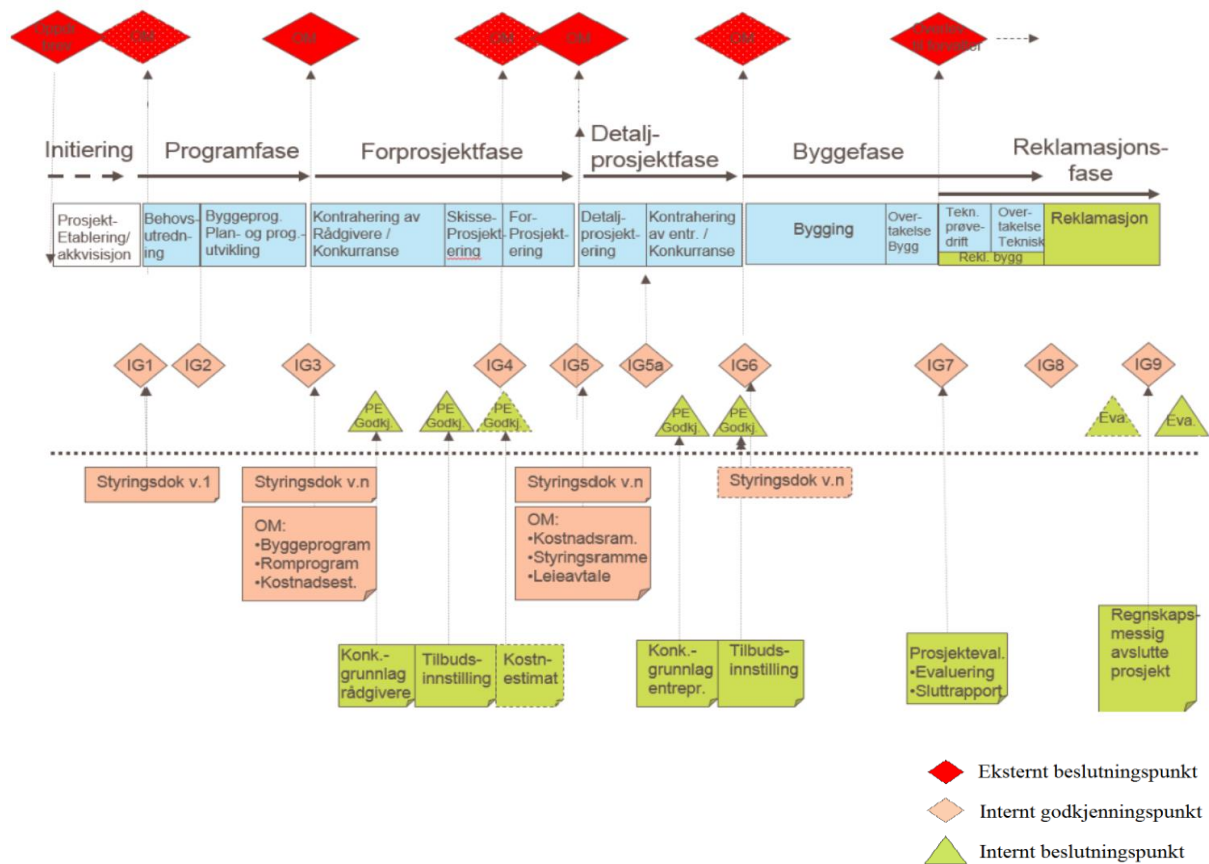
#### 3.3.1 Beslutning

Østby-Denglum et al. (2013) beskriv beslutningar som ein stor og viktig del av ein byggeprosess. Beslutningar er styrande for ei rekke parametarar som til dømes framdrift og økonomi. Beslutningar i prosjekteringsprosessen er så viktig at dei kan stoppe opp framdrifta av prosjekteringa (Aaserud & Lædre, 2014a; Østby-Denglum et al., 2013). Østby-Denglum et al. (2013) skriv at: «Summen av problemstillinger som vil dukke opp og måtte løses vil være tilnærmet den samme uansett faseinndeling og gjennomføringsmodell». Kvar problemstilling krev større eller mindre beslutningar.

Ei beslutning er eit val mellom fleire moglege andre val og blir gjort på grunnlag av informasjon og preferansar (Østby-Denglum et al., 2013). Beslutningar kan bli styrt av faseinndelinga i prosjekt. Dette kallar Haanæs et al. (2010) for beslutningsmodellar. Det er da typisk store beslutningspunkt/beslutningsportar i faseovergangen der store viktige beslutningar blir gjort. Byggherren Statsbygg har derimot ein meir detaljert prosjektmodell som skil mellom eksterne og interne beslutningspunkt (Figur 13). Dei interne beslutningspunkt er i Figur 13 markert med grønne trekantar. Dette er punkt der prosjekteigar



godkjenner spesifikke dokument (Andersen et al., 2016). LoD, som blir presentert i kapittel 3.3.2, er tenkt å fungere som interne beslutningspunkt (Hooper, 2015).



Figur 13 – Beslutningsplan i Statsbygg (Aaserud & Lædre, 2014a; Haanæs et al., 2010).

«Poengnet med faser er at man derved tvangsmessig legger inn beslutningspunkter hvor prosjektets videre skjebne avgjøres» (Haanæs et al., 2010).

Det er ekstra viktig å markere viktige beslutningar i tidlegfase av prosjektet, når usikkerheita er stor og faseovergangane er tydelege. Prosjekt bør ha ei hensiktsmessig inndeling. Standardisering kan gi praktiske fordeler for å følgje opp leveranser, men kan virke som ei tvangstrøye i nokon prosjekt (Aaserud & Lædre, 2014a; Haanæs et al., 2010).

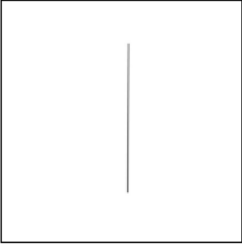
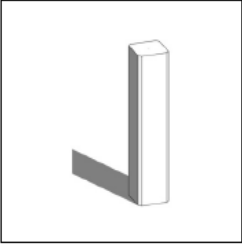
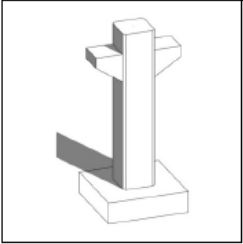
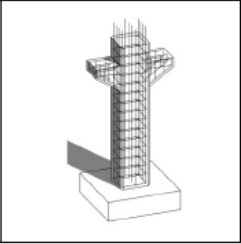
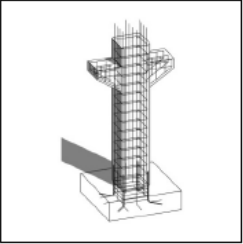
For å styre sjølve prosjekteringa, til dømes detaljprosjektering, kjem beslutningsplanar til nytte. Planen blir gjort i samråd med byggherre. Alle detaljar som krev beslutning frå byggherre eller prosjekteringsleiar blir lista opp i ein framdriftsplan. Her er det ein frist for å levere beslutningsgrunnlag og ein tidsfrist for beslutningstakar å ta beslutninga. Ved å planlegge beslutningar i god tid før dei er nødvendige å ta, opnar ein for å få gjort grundige analysar på førehand (Østby-Denglum et al., 2013).

### 3.3.2 LoD

Det er mange utfordringar med å prosjektere med BIM. Ein av dei er at det er vanskeleg å veta kva som faktisk er til å stole på i modellen (Hooper, 2015). Level of Development (LoD), eller utviklingsgraden, er eit konsept for å supplere modellutvikling. Konseptet går ut på å kople LoD-nivå til LoD-skjema (Døme i Figur 14). LoD-skjemaa beskriv kva nivået inneber

av grad av utvikling. På denne måten kan ein, med større sikkerheit, garantere ein viss kvalitet på informasjonen i modellen (Hooper, 2015).

## Betongsøyle

LOD 100 – Info. Nivå 1	LOD 200 – Info. Nivå 2	LOD 300 – Info. Nivå 3	LOD 350 – Info. Nivå 4	LOD 400 – Info. Nivå 5
				
<p><b>Geometri</b> Søylens plassering er representert enten ved en strek eller gjennom en geometrisk stedfortreder med en tilnærmet geometri.</p>	<p><b>Geometri</b> Søylen er representert som generisk søyleobjekt med tilnærmede mengder, størrelse og form. Plassering og orientering fremgår.</p>	<p><b>Geometri</b> Reelle mengder, størrelse og form, plassering og orientering fremgår. Konsoller fremgår av geometrien.</p>	<p><b>Geometri</b> Søylen inneholder utsparinger med nøyaktige dimensjoner og plassering. Avhengig av type: armering i 3D, avfasinger, plassering av innstøpingsdeler, fuger og støpeskjøter eller endeplater, beslag, avstivningsplater og lign.</p>	<p><b>Geometri</b> Produsentspesifikke detaljer er modellert som samlinger, og f.eks. armering er detaljert i 3D, og innstøpingsdeler er modellert.</p>
<p><b>Egenskaper - forslag</b> Overslagsantall.</p>	<p><b>Egenskaper - forslag</b> Overslag av armeringsgrad.</p>	<p><b>Egenskaper - forslag</b> Armeringsgrad. Materialklasse. Vekt. Profiltipe.</p>	<p><b>Egenskaper - forslag</b> Produsent/leverandør. Materiale fremgår.</p>	<p><b>Egenskaper - forslag</b> Finish.</p>

Figur 14 – LoD-skjema for bygningselementet Betongsøyle (MTHoeygaard, 2015).

Konseptet vart for fyrste gong presentert av Vico (2012) i 2005 saman med eit Leveranseskjema (MPS) og potensiell implementering. Etter dette har mange forskjellige versjonar av konseptet, med tillegg, dukka opp rundt om i verda (Cheng et al., 2016; Hooper, 2015). (Hooper, 2015) beskriv at den mest kjente versjonen, omtalt som den viktigaste, er LoD-skjemaet beskrive i BIMForum (2016) med LoD definisjonar og «LoD-leveranseskjema». (MTHoeygaard, 2015) har vidareutvikla skjema for mange bygningselement. Døme på LoD-skjema og LoD-leveranseskjema er vist i Figur 14 og 15. Det danske selskapet MTHøygard viser med meir detaljerte døme enn (BIMForum, 2016) på kva for informasjon som kan inngå i dei ulike nivåa. Ein anna viktig versjon er «Level of Development Specification» som forsøker å forklare kva som er meint med dei forskjellige bygningselementa (BIMForum, 2016).

## Plan for modelinnhold – MPS

FAG	BYGNINGSELEMENT	PROSJEKTFOR- SLAGSFASEN		HOVED- PROSJEKT		LEVERANDØR- MODEL		AS BUILT OG DRIFTSFASEN*	
		GEOMETRI	EGENSKAPER	GEOMETRI	EGENSKAPER	GEOMETRI	EGENSKAPER	GEOMETRI	EGENSKAPER
		LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD
Konstruksjoner	Fundament (beton)	200	300	300	300	0	0	0	0
Konstruksjoner	Betongdekke	200	300	300	300	350	400	0	0
Konstruksjoner	Betongbjelke	200	300	300	300	350/ 400	400	0	0
Konstruksjoner	Betongvegg	200	300	300	300	350	400	0	0
Konstruksjoner	Betongsøyle	200	300	300	300	350/ 400	400	0	0
Konstruksjoner	Ramme	200	300	300	300	400	400	0	0

Figur 15 – LoD-Leveranseskjema (MPS) (MTHoeygaard, 2015).

LoD skil mellom geometri og eigenskapar. Geometri er det vi ser i modellen og eigenskapar er informasjon knytt til bygningselement i modellen. Døme på eigenskapar er volum og material. Ein modell kan vera godt utvikla geometrisk utan å inkludere nokon eigenskapsinformasjon. I eit slikt tilfelle har modellen høgt geometrisk LoD-nivå og lågt LoD-nivå på eigenskapar (BIMForum, 2016).

BIMForum (2016) sine generelle definisjonar på LoD-nivåa er:

- **LoD 100:** Objektet er representert i modellen ved hjelp av enkel geometri. Viser at objektet eksisterer, men ikkje størrelse, form eller presis plassering av objektet. All informasjon som blir henta ut frå LOD 100-objekt må sett på som omtrentleg informasjon.
- **LoD 200:** Objektet er representert som eit *generisk* (generelt) system eller objekt, med omtrentlege verdiar for størrelse, form og plassering. Også ikkje-grafisk informasjon kan bli inkludert. All informasjon som blir henta ut frå LOD 200-objekt må bli sett på som omtrentleg informasjon.
- **LoD 300:** Objektet er representert som et *spesifikt* system eller objekt, med størrelse, mengde, form og plassering. Denne informasjonen kan bli henta ut frå modellen utan å referere til informasjon som ikkje er modellert (som notat eller bildeforklaringar). Også ikkje-grafisk informasjon kan bli inkludert.
- **LoD 400:** Objektet blir modellert tilstrekkeleg nøyaktig for produksjon. Informasjon om montering og installasjon er inkludert. Dette nivået skal kunne bli brukt som grunnlag for fabrikasjon.

- **LoD 500:** Gir eit eksakt bilde av det verkelege objektet (leverandør, modell osv.). Det mest detaljerte nivået, skal være tilstrekkeleg nøyaktig for å bli brukt til FDV (Forvaltning, drift og vedlikehald).

I tillegg er det vanleg å inkludere ein nivå LoD350 for innfesting av konstruksjonsdelar. Dette er sett bort ifrå i oppgåva, sidan den ikkje alltid blir tatt med.

Kvart av nivåa over inneheld informasjonen frå underliggande nivå (BIMForum, 2016). LoD300 inneheld LoD 200 og LoD100.

LoD kan likne på ein fasemodell, men må ikkje bli forveksla med det. LoD-nivå er ikkje definert etter prosjekteringsfasar. LoD-språket er heller med på å definere kor ferdig fasa er i tillegg til andre milepålar eller leveransar. Det er to grunner til å gjera dette. For det fyrste finns det ikkje noko detaljert standard for prosjekteringsprosessen, sett bort i frå interne bedriftsprosedyrar. For det andre varierer utviklinga av modellen frå eit bygningselement til eit anna; For å fullføre eit element, trengs informasjon frå eit anna. Difor samsvarar LoD-nivå sjeldan med prosjekteringsfasar (BIMForum, 2016).

Hooper (2015) legg fram at det er mest nyttig å implementere LoD-konseptet i BIM-prosjekt. I tillegg blir det argumentert for at konseptet kan bidra til å betra kunnskapsoverføring av prosjekteringsprosessen, som er krevjande å få til utan plan.

### 3.4 Teori-kapittelet sine svar på forskingsspørsmåla (FS)

I dette underkapittelet blir kapittelet sine svar på forskingsspørsmåla samanfatta.

#### 3.4.1 FS1

*Korleis blir beslutningar i prosjekteringsprosessen planlagt i dag?*

Beslutningsplanar i forskjellig form er tradisjonelt brukt for å fastsette datoar for når bestemte leveransar i prosjekteringa skal bli innhenta og beslutta. Med innføring av BIM-metodikk blir informasjonen lagt til i modell og tatt ut av modell. Dette opnar for betra tverrfagleg informasjonsflyt. Det finns prosjektmodellar med grovinndelte interne beslutningar. LoD-konseptet har er ein meir detaljert måte å beskrive beslutningar i mellom anna prosjekteringa.

#### 3.4.2 FS2

*Kva er hovudutfordringane i planlegginga av beslutningar i prosjekteringsprosessen?*

Basert det som er presentert i Teori-kapittelet er hovudutfordringane:

- Prosjekteringsprosessen er vanskeleg å planlegge sekvensiell sidan den inneheld nødvendige iterative prosessar.
- Det er for mykje sløsing i prosessen som har innverknad på prosjektsuksess i byggeprosessar.
- Det er mange ulike fasenormer i bygg- og anleggsnæringa
- Mange forskjellige planar
- Det er ikkje tilstrekkeleg gode fasenormer for prosjekteringprosessen.

### 3.4.3 FS3

*Kva for tiltak kan gjerast for å betre planlegginga av beslutningar i prosjekteringsprosessen?*

Tiltak for å betre planlegginga av beslutningar:

- Omstrukturere og omorganisere prosjekteringsprosessen
- Forandre måten den blir styrt på
- Bruke BIM og auka samlokalisering i prosjekteringa
- Lære av offshore-bransjen sin måte å planlegge prosjekteringa på med å sette interne fristar for faga.
- Bruke Lean prinsipp i prosjekteringa eller den norske utgåva kalla Involverande Planlegging i Prosjektering (PPL).
- Vidareutvikle beslutningsplan ved hjelp av LoD-språket.

### 3.5 Kunnskapsgap

Det er gjort ein del arbeid for å utvikle verktøy for betre å kommunisere og å styre prosjekteringsprosessen (Bølviken et al., 2010; Hooper, 2015; Knotten et al., 2015). Det blir presentert fleire argument for korleis utviklingsgraden/modenheita (LoD) er fordelaktig for å produsere og utveksle informasjon i beslutningsplanlegginga i BIM-prosjekt (Hooper, 2015). Litteraturstudien avslører eit kunnskapsgap i studie av praktisk bruk i casar (Hooper, 2015). I samtale med BuildingSmartNorge (2017) har dei søkt etter det same, utan hell.

For å svare på problemstillingar rundt dette er det sett på som best å hente informasjon frå god norsk prosjekteringspraksis.

Frå norsk bygg og anleggsnæring er det stor interesse for temaet: Rambøll Noreg etterspør studentar til å skrive oppgåve om BIM og framdrift og modenheitstadiet (LoD); COWI jobbar med å ta i bruk LoD i ny bedriftsstrategi; Statsbygg er interessert i å inkludere dette i sin nye bransjestandard BIM-manual 2.0 som skal erstatte manual 1.0 om kort tid. Det er med andre ord interesse for å utvikle bruken av utviklingsgrad/LoD i beslutningsplanlegging i prosjektering. Denne oppgåva har mål om å bidra til dette arbeidet gjennom metoden som er presentert i førre Metode-kapittel, altså å sjå på norsk praksis for beslutningsplanlegging.



## 4. Resultat

Respondentane frå fire ulike casar, supplert med generelle intervju, trekk fram norsk praksis av beslutningsplanlegging i prosjektering. I Tabell 6 under Kapittel 2.4 blir dei fire casane beskrive og visualisering av dei er vist i Figur 17 under Kapittel 4.1.1. Sidan nokre av casane er vurdert som meir relevante på grunnlag av blant anna pålitelegheit (Kapittel 2) har dei fått ekstra plass dette kapitlet. Lean-prosjektet «Nye kunsthøgskulen i Bergen» (KHiB) tek som følge av det størst plass, sidan casen representerer studien sin mest utstrekte bruk av BIM og Lean i prosjekteringa.

Resultatkapitlet er delt inn etter dei tre forskningsspørsmåla med underdeling i delane som i Teori-kapitlet: Prosjekteringsprosessen, Strukturering av prosjekteringsprosessen og Beslutningspunkt. Dette avvik litt frå intervjuguiden (Vedlegg A) som er brukt i alle intervju. Det kjem av at inndelinga i intervjuguiden i etterkant av intervju vart sett på som mindre hensiktsmessig å bruke vidare. Den mest like samanhengen mellom intervjuguiden og rapporten er slik:

- 3. del: «Overlapp» høyrer til *4.1.1 Prosjekteringsprosessen*,
- 1. og 2. del: «Prosjektmodell» og «Element i BIM» høyrer til *4.1.2 Strukturering av prosjekteringsprosessen*
- 4. del: «Inndeling av utviklingsnivå» høyrer til *4.1.3 Beslutningsplanlegging*.

### 4.1 FS1

#### *Korleis blir beslutningar i prosjekteringsprosessen planlagt i dag?*

##### 4.1.1 Prosjekteringsprosessen

###### *Prosessen*

I fleire av casane blir prosjekteringsaktivitetane beskrive som om dei er planlagt å bli gjort på rekke. Ulike fag planlegg å byte på å tilføre informasjon til modellen (bygningselement) gjennom sin aktivitet. Forklaringa frå informantar er at fag ofte sit på forskjellige plasser, sidan fag tilhøyrar forskjellige aktørar. På Grimelundsveien og Flyplasskrysset har dette vore tilfelle. I desse totalentrepriseprosjekta har det vore samtidig prosjektering og bygging. Dei utførande må ha bestemte teikningar til bestemte tidspunkt som dei prosjekterande jobbar inn mot, der dei byter på å tilføre informasjon til modellen. I tidlegare fasar, som til dømes *Forprosjektutvikling* og *før*, er kommunikasjonen i større grad planlagt å gå mellom fleire fag samtidig. Med ulik BIM-programvare og fysisk avstand mellom fagaktørane har likevel modellen vorte prosjektert på rekke i staden for samtidig.

Prosjekteringsleiarane uttrykker i alle casane at det ideelle hadde vore om dei prosjekterande var ferdig med prosjekteringa når produksjonen startar. Erfaringa har vore at det likevel ikkje skjer i praksis. Alle casane stadfester dette.

## Sløsing

På KHiB er prosjekteringa planlagt med fokus på å redusere sløsing med tid. Det er eit av Lean-prinsippa som er brukt i prosjekteringa nytta i prosjektet. Prosjekteringsleiar beskriv at tiltaka som er sett inn for å redusere er følgjande:

- Sky- og nettverkløysingar
- Felles *Revit*-server
- Fjerne/rydde vekk informasjon frå modell som ikkje er nødvendig
- Brann tilfører informasjon sjølv, rett i arkitektane sin *Revit*modell.

Ved å ha sky- og nettverksløysingar og *Revit*-server som blir oppdatert heile tida er det enklare å jobbe tverrfagleg, ved at informasjon blir oppdatert kontinuerleg kvar dag. På Grimelundsveien og Bispevika jobba dei prosjekterande arkitektane og tekniske faga i forskjellige programvarer. Dei oppdaterte i desse tilfella modellen til felles server kvar fredag. Fleire informantar fortel at dette er mest vanleg.

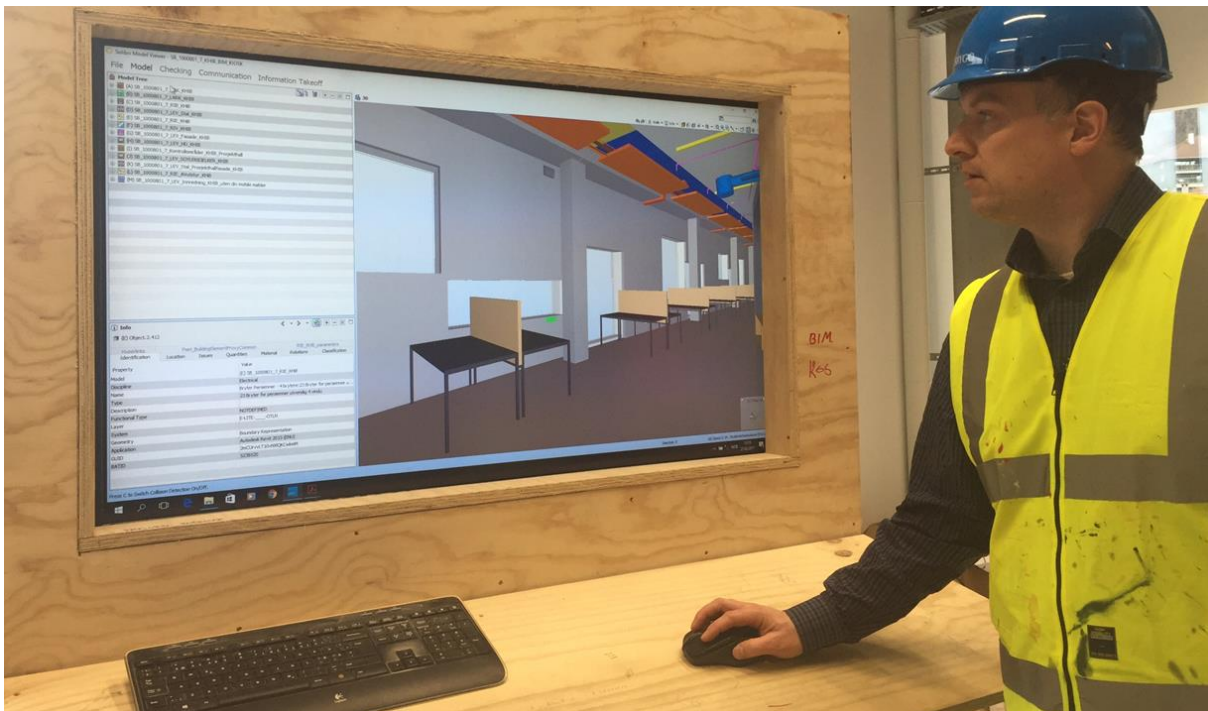
Det har vorte fjerna informasjon som ikkje er nødvendig for å unngå at modellen blir for tung. Arkitekten på KHiB fortel at på det verste måtte dei be folk som var tidleg på jobb om å starte modellen på maskina til fleire, fordi det tok 40 minutt å starte *Revit*.

I tillegg til å redusere sløsing i KHiB, var seks andre Lean-prinsipp praktisert for å auke effektiviteten. Stikkorda for desse var «flyt», «takt», «fem r-ar», «pull», «null feil» og «kontinuerleg forbetring». Prinsippa blir forklart nærmare under Lean-prosjektering i same kapittel.



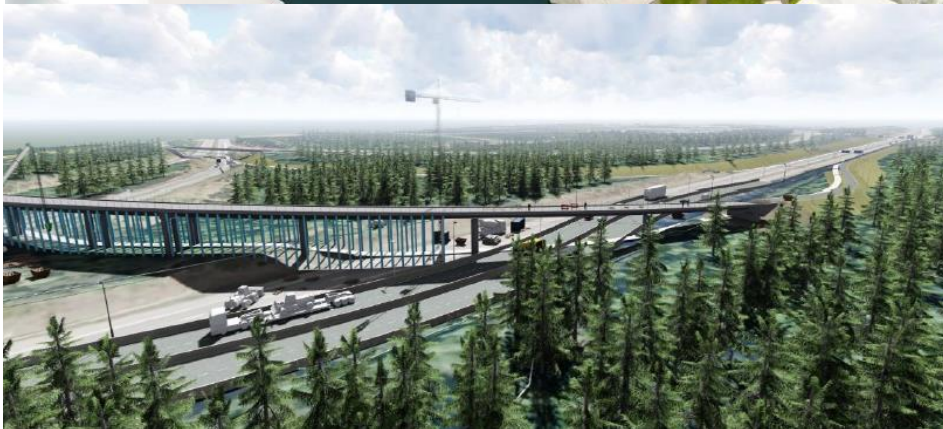
## BIM og ICE

Casane har hatt forskjellig strategi for bruk av BIM. Alle prosjekterte i BIM og brukte modellen til tverrfagleg koordinering, visualisering og kollisjonskontrollar. Døme på visualiseringa i casane er vist i Figur 17. Flyplasskrysset, Bispevika og KHiB skal også levere modell til Forvaltning, Drift og Vedlikehold (FDV). Modellen skal bli levert til bruk i *Bruksfase*. BIM-modellane i nokre av casane er også brukt til konstruksjonsgjennomgang, mengde og kalkulasjon, kostnadsanalysar, 4D- og 5D-planlegging. KHiB har tatt det lengst og brukt litt av alle omgrepa som er nemnt her. Både her og Flyplasskrysset uttrykker at det er forsøkt å lage minst moglege eigne planteikningar. Teikningar skulle heller bli tatt ut frå modellen. Dette har dei i større grad gjennomført på KHiB enn Flyplasskrysset, der entreprenøren forlangte å få teikna ut mykje likevel. Båe casane hadde iPad ute på byggeplass/anlegget. KHiB hadde i tillegg fire BIM-kioskar ute på byggeplass. Figur 16 viser ein av dei. Her kunne arbeidarane sjølv lesa teikningar og bevege seg i den samanstilte *Solibri*-modellen og på denne måten hente ut informasjonen dei trengte. Fagarbeidarane samla seg ofte rundt denne for å planlegge produksjonen.



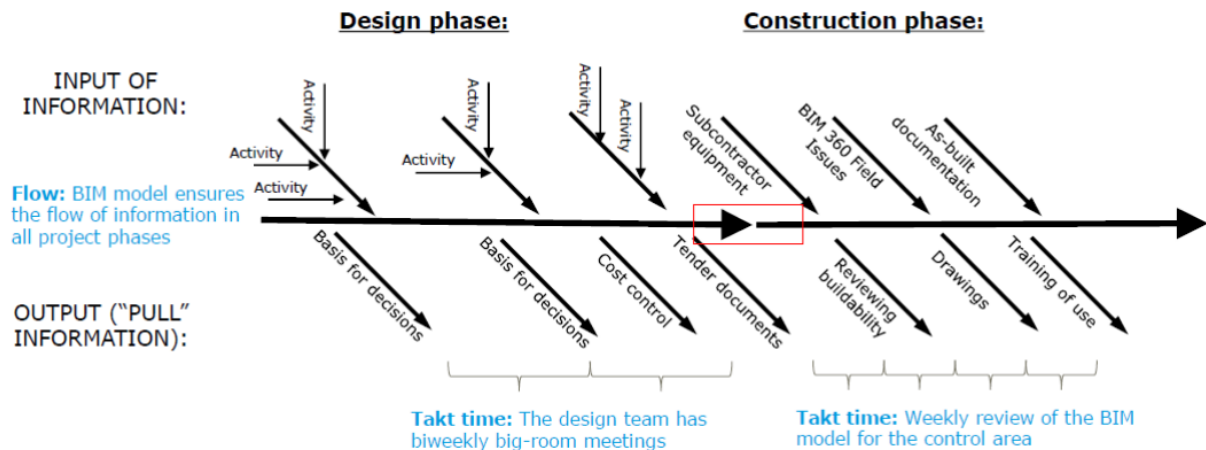
Figur 16 – BIM-kiosk som viser *Solibri*-modellen ute på KHiB (Foto: Iver Grytting).

På Grimelundsveien og Bispevika vart det brukt *Revit* av dei fleste ingeniørfaga og *ArchiCAD* av arkitektane. Informant beskriv at arkitekt står for omtrent halvparten av prosjekteringsjobben. Om dei prosjekterer med BIM står dei for halvparten av modelleringa. På Flyplasskrysset vart *Novapoint* brukt til som prosjekteringsverktøy, *Naviswork* til kollisjonskontroll og *INFRAworks* til visuell framstilling. Døme på visuell framstilling av BIM-modellane frå dei fire ulike casane er vist i Figur 17.



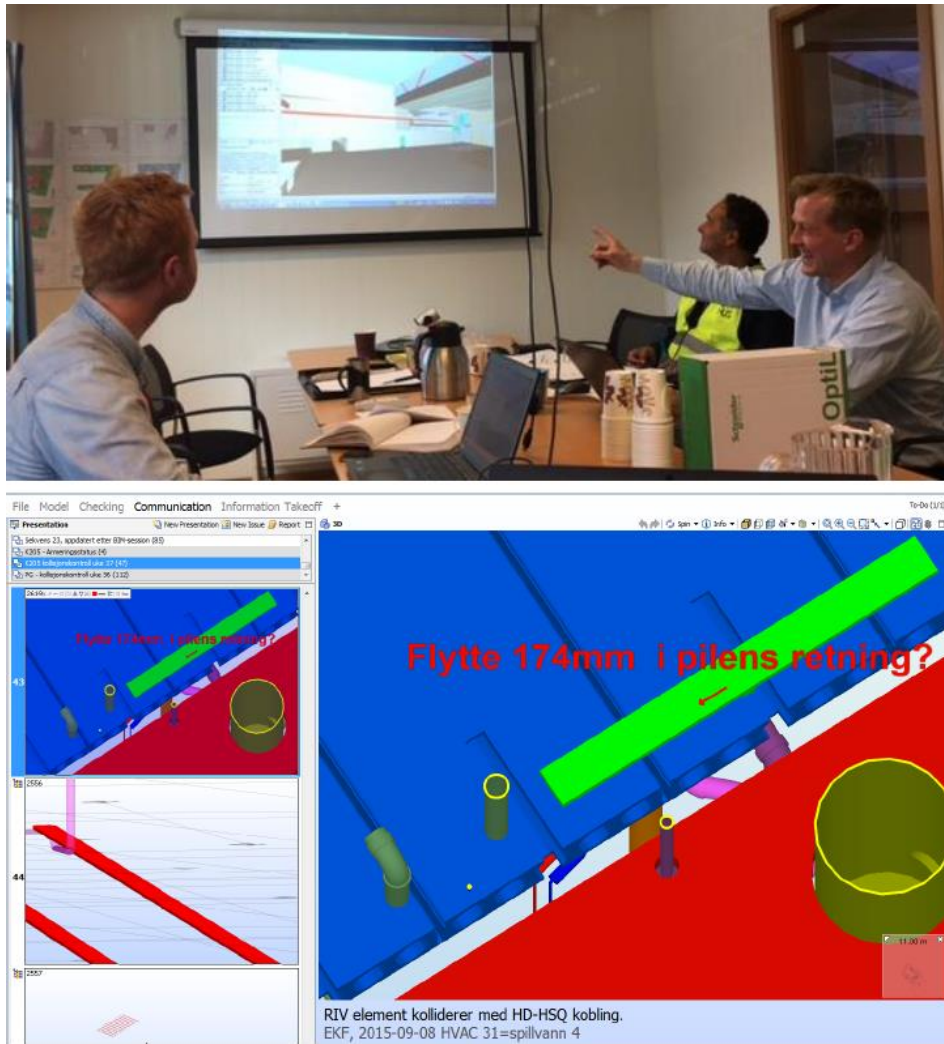
*Figur 17 – Visualisering av KHiB, Grimelundsveien, Bispevika og Flyplasskrysset (Dokumentstudie).*

På KHiB var bruken av BIM planlagt bevisst som eit beslutningsverktøy. Figur 18 frå dokumentstudien (ein presentasjon for dei prosjekterande) syner informasjonsflyten, som hele tida skal vera inn og ut av BIM modellen. Kvar aktivitet leverte innputt i form informasjon (geometri eller eigenskapar) i BIM-modellen. Informasjonen i modellen er brukt som beslutningsgrunnlag som blir illustrert med piler ut frå den horisontale streken som er tidsaksen.



Figur 18 – BIM-arbeidsflyt i prosjekteringsfase og produksjonsfase (Dokumentstudie).

KHiB praktiserte samprosjektering (ICE) hos arkitekten i prosjekteringsprosessen som i Figur 18 blir kalla «Big-room meetings». Det gjekk ut på at dei anna kvar veke samla alle prosjekterande i tre dagar der dei følgde ein nøye planlagt møtестruktur. Det var her mange av beslutningene om detaljar vart tatt og vidare framdrift vart bestemt. Før møta var informasjonen samla på ein felles IFC-modell som det vart køyrd krasjkontroll av. I starten av samprosjekteringsdagane gjekk BIM-koordinator gjennom konfliktane i modellen. Opprettinga vart fordelt ut på fagansvarlege utover dagen. I Figur 19 er det vist bilete frå møte der ein kollisjon i BIM-modellen blir presentert for faggruppa.



Figur 19 – Gjennomgang av kollisjon i BIM-modell hos Arkitekt (Dokumentstudie).

Dei andre casane praktiserte prosjekteringsmøter «P-møter» kvar 14. dag der både store og mindre grupper av fagansvarlege møttest. På Grimelundsveien og Bispevika prosjekterte arkitekten og dei tekniske faga i forskjellig modell. Dei ulike modellane vart lasta opp som IFC kvar fredag. Den tverrfaglege kommunikasjonen om detaljar i modellen i løpet av veka vart kommunisert over telefon, mail eller over ekstra-møter.

#### 4.1.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen

##### *Prosjektmodell*

Det er brukt byggherrane sine prosjektmodellar i casane. Dei ulike aktørane uttrykker at dei har forskjellig forhold til fasar. På spørsmål om kva for prosjektfasar det er i prosjektet nemner informantane som regel akkurat dei fasane som dei sjølv leverer til. Entreprenør nemnar *Råbygg*, *Tett hus* og *Innreiing* som dei vanlege fasane i fasa *Produksjon og Leveranse*. Informantar frå dei prosjekterande kjem ofte inn i *Forprosjektutviklingsfase*.

Arkitekt på Grimelundsveien var inne saman med byggherre i *Programutvikling og Konseptutvikling*. Etter at totalentreprise-kontrakten med entreprenør vart signert, vart arkitekt underlagt entreprenør og mista beslutningsmyndigheita dei hadde i *Programutvikling og Konseptutvikling*. Denne gjennomføringsmodellen vart ikkje alltid følgd i praksis.

I KHiB vart det kontrahert som *delte entreprisar* og entreprenøren kom difor inn langt ute i prosjektet.

KHiB hadde Statsbygg som byggherre og brukte difor prosjektmodellen til Statsbygg. Det inkluderte at prosjekteringa var tre interne beslutningspunkt. Kontraktsgrunnlag rådgivarar, tilbodsinnstilling og kostnadsestimat. Utviklingsfasar for BIM-prosjekteringa var også foreslått i starten av prosjektet, men ikkje gjennomført skikkeleg. Figur 28 viser inndelinga som var planlagt.

### *Lean prosjektering*

KHiB vart som nemnt gjennomført som eit BIM-prosjekt med Lean-bygging og prosjektering og det vart planlagt etter dei sju Lean-prinsippa: «Flyt», «takt», «5R», «pull», «null feil», «fjerne sløsing» og «kontinuerleg forbetring». Her blir kvar av prinsippa presentert på grunnlag av presentasjon henta i dokumentstudien og svara til dei fire KHiB-informantane:

- «Flyt» vart brukt med mål om å unngå venting og å arbeide «just-in-time». Dette vart løyst ved bruk av felles *Revit*-server og romdatabasen *dRofus*. Her var all modellinfo tilgjengeleg ved at det vart oppdatert kontinuerleg. Hastigheita var planlagt til å vera rask og dermed skulle all informasjon vera tilgjengeleg ved eit klikk for å unngå å vente på grunnlag.
- «Takt» vart brukt med mål om fast planlagt rytme for å gi forutsigbarheit. Løysinga på dette vart bruk av samlokalisering (ICE) og faste leveransar. Det inneber møteplanar med korte møter om fastsett tema der nøkkelpersonar stilte, faste IFC-leveransar og faste BIM-sesjonar med gjennomgang av kollisjonskontroll.
- «5R» vart brukt med mål om *riktig* informasjon med *riktig* detaljeringsnivå til *riktig* tid og med *riktig* kvantitet på *rett* plass. Dette vart løyst høvesvis ved: å fokusere berre på informasjon det var behov for; detaljeringsnivå ut i frå mail, notat, skisse, anbod og arbeidsteikning; kva for nivå til kva tid; kvantitet av personar involvert og mengde informasjon i modell; Person arkivert riktig i system og god struktur på tilførte parametrar i modell. Lean innanfor produksjonen er dei fem r-ane, i prosjekteringa, føresetnad for entreprenør ved at *riktig* informasjon gir *riktig* arbeidsgrunnlag, *riktig* detaljeringsnivå gir *riktig* materiell, *riktig* tid gir *riktig* varigheit, *riktig* kvantitet gir *riktig* mengde og *rett* plass gir *rett* plass.
- «Pull» som er engelsk for *sug* vart brukt med mål om å hente ut eller spørje om info i førevegen. Løysinga på dette vart å definere fokusområde. Dette vart kommunisert ut før BIM-sesjonane med *Solibri*-modell så folk stilte førebudde til samprosjekteringa.
- «Null feil» vart brukt for å unngå feil i prosjekteringa. Løysinga vart faste tverrfaglege BIM-sesjonar med kollisjonskontrollar, gjennomsiktig prosjektering og all informasjon som er tilført modell er kontrollert at stemmer.
- «Fjerne sløsing» vart brukt med mål om å fjerne daudtid og dobbeltarbeid i prosjekteringa. Vart løyst som nemnt i tidlegare underkapittel *Sløsing*.
- «Kontinuerleg forbetring» vart brukt med mål om å heile tida vurdere kvalitet og forbetringspotensial i planlegging og utføring. Løysinga vart å diskutere og drøfte på samlokasjonar og kontrollere modell kontinuerleg.

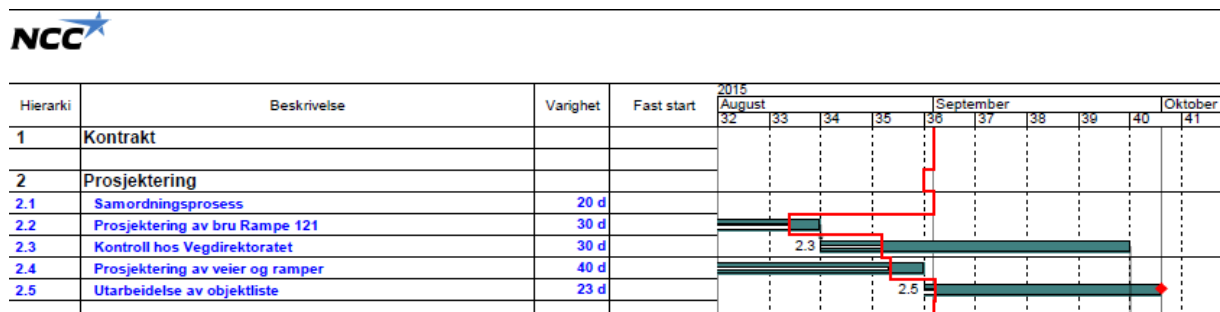
I overgangen mellom prosjektering og produksjonen ved KHiB gjekk prosjekterande gjennom det dei hadde prosjektert saman med entreprenøren. Dette vart gjennomført etter ein såkalla 14-10-6-4-1 metode. Det gjekk ut på at 14 veker før produksjonen hadde entreprenør krav på informasjon, så hadde dei fire veker på å finne ut kva dei ønskte å stadfeste, så hadde dei prosjekterande fire veker på å rette opp, så hadde entreprenør to veker og så vidare. Informantar beskriv det som at dei planlegg bakover, som er vanleg i Lean.

Byggherre, prosjekterande og entreprenør på KHiB presenterer at Lean og BIM har hatt følgjande fordelar:

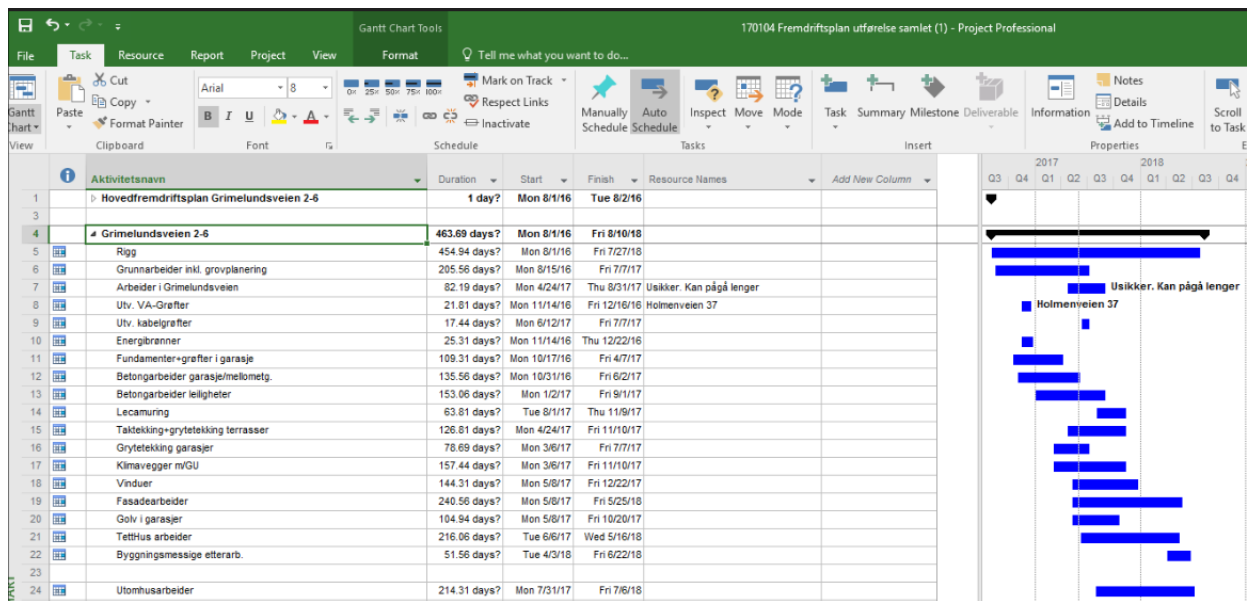
- Høgare produktivitet
  - Fag gjekk ikkje i stor grad i vegen for kvarandre
  - Arbeidsunderlag var lett tilgjengeleg
- Betre koordinering og kommunikasjon
  - Tydelege grensesnitt mellom fag
  - Gjennomsiktlige planar
- Tal på feil vart redusert
  - Lean kravde betre planlegging på førehand, men reduserte tal på feil
- Færre ikkje-verdiskapande aktivitetar (negative iterasjonar)
  - Mindre omprosjektering

### Planar

Dei forskjellige aktørane i casane har brukt forskjellige planar til forskjellige fasar og prosessar i prosjekta. Det som går att er framdriftsplanar og beslutningsplanar. Framdriftsplanane er i tidlege fasar mindre detaljert og blir ofte gradvis detaljert ut når det nærmar seg. Desse er ofte framstilt som Gantt-diagram laga i programvara *MS-project*. Som Figur 20 viser, blir ofte prosjekteringsaktivitetar berre beskrive med start og stopp. Ikkje utviklinga under vegs i prosjekteringsaktiviteten. Beslutningsplanar er anten separate *Excel*-ark eller beslutningspunkt merka av som raude stjerner i framdriftsplanane. Eit døme på beslutningspunkt i framdriftsplan er på slutten av siste aktivitet i prosjekteringa i Figur 20. Denne stjerna markerer ein viktig beslutningsport, at prosjekteringa skulle vera beslutta å vera tilstrekkeleg utvikla til at produksjonen kan starte.



Figur 20 – Framdriftsplan for prosjekteringa på Flyplasskrysset (Dokumentstudie).



Figur 21 – Utsnitt av framdriftsplanen på Grimelundsveien i MS-Project (Dokumentstudie).

Grimelundsveien laga framdriftsplanen sin i MS-Project. Utsnitt av denne er vist i Figur 21.

På KHiB vart det brukt ein Excel-plan for å vise framdrifta. Dette var ein såkalla «Taktplan». Utklipp frå den store Taktplanen er vist i Figur 22. Det var byggherre som definerte denne. Planen inneheld fem dagar lange takter, der det var overlevering mellom faggrupper kvar fredag. Uferdig arbeid måtte bli gjort i helgene. Status for korleis ein låg an vart i produksjonen markert etter fargekodane: grønn, gul og raud på ei tavle som vist i Figur 23. Ved raudt måtte det bli presisert korleis dei hadde tenkt å hente seg inn att. Det var strengt å få lov til å stå i nokon andre sine taktområder neste veke. Ofte var konsekvensen, av ligge bak, helgearbeid.





Grimelundsveien og Bispevika har brukt beslutningsplanar. Utsnitt av planane er vist i Figur 24 og 25. Denne er delt opp etter fasar, aktivitetar, ansvarleg person, status og fristar for beslutningsgrunnlag frå entreprenør og beslutning frå byggherre. Byggherre og entreprenør fortel at dei har brukt planen for lite på grunn av at andre ting har vore meir kritisk utover i prosjektet, men vil prøve å ta den meir i bruk att vidare.

Nr	Aktivitet/bygningsdel	Ansvarlig Vedal	Fase 1 (innkjøpsgrunnlag)		
			Grunnlag Vedal	Beslutning Pecunia	Status Fase 1
			Frist	Frist	
1	Glassfasade - type glass	John	01.09.2016	15.09.2016	SIKKERHET iht. EN 1627, klasse?
2	Glassfasade - type profil	John	01.09.2016	15.09.2016	Schüco FW 50+ / AWS/ADS
3	Glassfasade - ytterdør til hus 6 stk.	John	01.09.2016	15.09.2016	Som fasade, uten motor?
4	Glassfasade - foliering museumsfilm & duggfritt	John	01.09.2016	15.09.2016	UV-filter?
5	Glassfasade - vaskesystem & åpningsmulighet	John	01.09.2016	15.09.2016	Kan løses med teleskop fra terrasse
6	Glassfasade - balkong skyvedører	John	01.09.2016	15.09.2016	Som fasade
7	Solskjerming - utvendig pergola og markiser	John	01.09.2016	15.09.2016	ARK definerer plassering

Figur 24 – Utsnitt frå beslutningsplan på Grimelundsveien (Dokumentstudie).

Nr	Sak	Grunnlag		Endringskost.	Fremdrifts	Beslutning BH		
		Ansvar	Frist	eks. mva.	konsekvens	Ansvar	Frist	OK
				84 863 881				
1	Godkjenning av FBK plan for rammesøknad	ARK	31.3.2016			OSU	7.4.2016	Godkjent
2	Godkjenning av leilighetsplaner for rammesøknad	ARK	18.4.2016			OSU	25.4.2016	Godkjent
3	Konsept parkeringsløsning Bispevika Nord	VP	24.8.2016			OSU	31.8.2016	Godkjent
5	Baderom (badekabin/plassbygd)	ARK/RIV/RIB	7.9.2016	-		OSU	14.9.2016	Godkjent
7	Konsept Havnenepromenade	LARK	15.9.2016			OSU	22.9.2016	
8	Konsept utomhus	LARK	15.9.2016	-		OSU	22.9.2016	ok
9	Breeambolig very good	OSU	1.9.2016	5 000 000		OSU	8.9.2016	
11	Omfang Gatevarme-snøsmelt (oppgradert)	RIV	1.10.2016	1 250 000		OSU	8.10.2016	1.2.2017
12	El bil lading 1) 100% elbilerplasser, 2) 50% elbilerplasser 3) 25% elbilerplasser	RIE	15.10.2016	1 595 000		OSU	22.10.2016	12.10.2016
13	Tilvalg og salgskonsept	OSU	15.10.2016			OSU	22.10.2016	
14	Kjørekulvert under Operagate B2/B6a	RIB	15.12.2016	-		OSU	22.12.2016	Godkjent
15	Overflater fellesareal	ARK	15.10.2016	4 000 000		OSU	22.10.2016	
16	Oppgradering til varmemefolie fra panelovner	VP	8.2.2017	7 084 623		OSU	15.2.2017	
17	Vindussmyg av eik	ARK	28.2.2017	1 935 000		OSU	14.3.2017	
18	Entredører av heltre eik	ARK	28.2.2017	1 290 000		OSU	14.3.2017	
19	Smarthus	ARK	28.2.2017	6 450 000		OSU	14.3.2017	
20	Downligts i nedforet himling i entre	ARK	28.2.2017	1 720 000		OSU	14.3.2017	

Figur 25 – Utsnitt frå beslutningsplan på Bispevika (Dokumentstudie).

På Flyplasskrysset var det ikkje nokon beslutningsplan for prosjekteringa. «Vi ser i ettertid at det kunne vore behov for ein beslutningsplan i prosjekteringa», seier prosjekteringsleiar for dei prosjekterande. Prosjekteringsprosessen tok lengre tid enn planlagt. Prosjekteringsleiar forklarer dette med at totalentrepriseprojekt var nytt for både byggherren og dei prosjekterande. Byggherren var aktivt med og kontrollerte mykje meir enn det som er vanleg i eit totalentrepriseprojekt.

På KHiB var det ikkje noko som vart kalla beslutningsplan. Det dei derimot hadde var ein «Aksjonsplan». Dette var ei liste der saker som måtte bli beslutta eller fiksa og var adressert til dei det gjaldt. Informant fortel at heile 4000 saker vart løyst gjennom denne lista. Når saken var løyst forsvann den frå lista. Han skyt også inn at: «det er godt å sleppe å ha ein beslutningsplan i eit Excel-ark med så mange linjer».

### 4.1.3 Beslutningsplanlegging

#### *Beslutning*

I dei forskjellige BIM-programvarene er det funksjonar som kan låse bygningselement. Figur 26 viser bygningselement frå Flyplasskrysset som er låst i modellen. Funksjonen blir i dag berre brukt for å reservere bygningselement som vedkommande skal prosjektere på. Når du reserverer i modellen skiftar den grå streken farge ved sidan av låsen til grøn, med informasjon om kven som reserverer. Andre kan ikkje da reservere og ergo ikkje prosjektere på elementet. Dette er ei sikkerheit når det blir prosjektert i same programvare, og med andre ord ei styrke ved å prosjektere i same programvare. Dette var tilfelle på Flyplasskrysset og KHiB der dei brukte «Quadri-database» og «Revit-server»



*Figur 26 – Utsnitt frå Novapoint som viser låste bygningselement (Dokumentstudie).*

Beslutninger på utviklingsgraden har ikkje vorte fastsett utanom dei beslutningspunkta som følgjer av faseinndelinga i prosjekta.

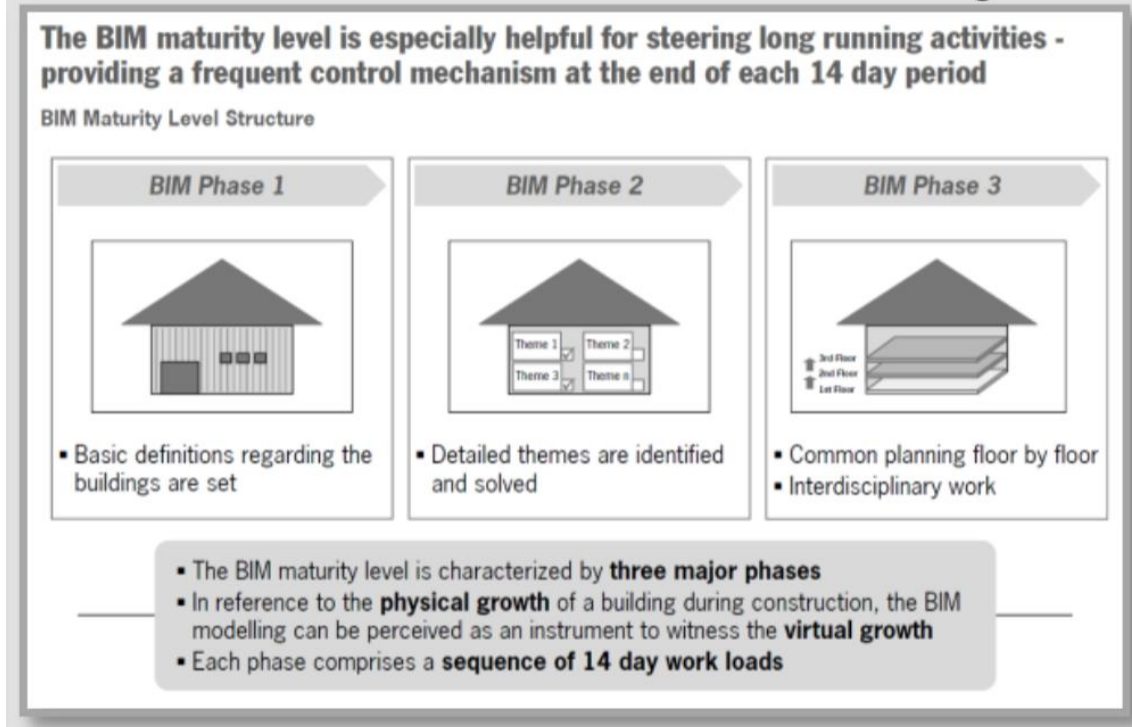
#### *LoD*

Figur 27 eit utklipp av ei tredelt modellutvikling. Dette er henta frå ein presentasjon som BIM-rådgivaren til KHiB foreslo for prosjektet. Dei tre fasane er:

- Fase 1: Grunnleggande definisjonar om bygningen er sett
- Fase 2: Detaljerte tema er identifisert og løyst
- Fase 3: Vanleg planlegging etasje for etasje. Tverrfagleg arbeid.

Det er argumentert for at planen er spesielt hjelpsam for å styre dei langsiktige aktivitetane, som kan føre til jamleg kontroll mot slutten av ein 14-dagersperiode.

Det verkar ikkje på informantane at prosjektet tok modellutviklinga i bruk.



Figur 27 – Utviklingsgrad som innleigd BIM-rådgivar planla for KHiB (Dokumentstudie)

I dei fleste casane er det for prosjekteringa i liten eller ingen grad laga detaljerte planar for kva for utviklingsgrad fag og bygningselement skal nå innanfor korkje geometri eller eigenskapar. Oversikta på dette er oppretthalde av prosjekteringsleiar og/eller BIM-koordinator. Dei har anten basert seg på andre sine BIM-manualar, eller utarbeida eigne manualar for prosjektet. KHiB brukte statsbygg sin BIM-manual. Grimelundsveien og Bispveika hadde enkle manualar for prosjektet som viste til litt større interne dokument.

I presentasjon av Lean-prinsippa i prosjekteringa på KHiB er ei tredeling på utviklingsgrad nemnt som del av Lean-prosjekteringa. Informantane beskriv det likevel som om at det ikkje har vorte brukt i praksis.

## 4.2 FS2

*Kva er hovudutfordringane i planlegginga av beslutningar i prosjekteringsprosessen?*

I «Table 2» på side 6 i den akademiske artikkelen under Del 2 i rapporten, er hovudutfordringane punktvis presentert etter same inndeling som i denne oppgåva. I dette kapitlet blir dei, i tillegg til andre, presentert meir fylldig.

### 4.2.1 Prosjekteringsprosessen

#### *Prosessen*

Informantane fortel om fleire utfordringar med at det har vorte omprosjektering. Det blir nemnt at det har vorte dyrt, det er ikkje alltid at det lenger er moegeleg og at det er stor misnøye blant dei prosjekterande med å gjere ting om igjen.

Prosjekteringsleiar på Bispevika beskriv at det ofte er utfordringar med å få god informasjonsflyt i prosjekteringsaktivitetar. Det er spesielt i dei tidlege fasane, der mykje er uavklart.

Prosjekteringa heng som regel att langt ut i produksjonen i casane. Dette skapar store utfordringar når det kjem til at endringar lenge etter at dei burde vore låst. Til dømes like før noko er planlagt bygd. På Grimelundsveien har kunden vore endringsvillig. Det har vorte forklart at det kostar mykje å gjera endringane, men dei har likevel stått fast ved å endre detaljar langt ute i produksjonen. Utfordringa her er at det er vanskeleg å seie og planlegge kor mykje ekstra det kostar, sidan dei prosjekterande må i gang med prosjekteringsaktivitetar krev informasjon frå fleire fag (meir gjensidig og intensiv). På Flyplasskrysset er det skildra eit døme der rekkverket vart omprosjektert i produksjonen. Når det skulle bli bygd var det ikkje lenger plass til rekkverksfundament inn mot ei bru.

Prosjekteringsleiar på Bispevika refererer til prosjekteringsprosessar som ikkje fungerte så godt sidan mange enkeltindivid har vanskeleg for å jobbe der kommunikasjonen går veldig mykje på tvers mellom fag. under intensiv og gjensidig (reciprocal) logikk. Mange fortalde at dei helst likte best å jobbe for seg sjølv, ettersom det er ikkje så tungt.

### *Sløsing*

Prosjekteringsleiar på Grimelundsveien seier at det er ein del utfordringar med at ulike aktørar prosjekterer i ulike programvarer som blir oppdatert mot felles-server kvar fredag. Viss fag tek beslutninger om detaljering som påverkar fag frå andre aktørar utan å kommunisere det godt, hender det at det blir dobbeltarbeid. Slik type sløsing uttrykker prosjekteringsleiar på KHiB at dei ofte unngår ved å ha felles *Revit*-Server. Det same gjeld på samferdselsprosjektet Flyplasskrysset der dei bruker *Novapoint* med felles *Quadri*-database som blir oppdatert automatisk. Grimelundsveien beskriv at dei sløste tid på dobbeltarbeid i prosjekteringa sidan arkitekten jobba i *ArchiCAD* og dei rådgivande ingeniørfaga i *Revit*.

Informantar frå Grimelundsveien, KHiB og Flyplasskrysset fortel om at det er utfordringar knytt til at prosjekterande ofte ikkje har nok erfaring med korleis ting blir bygd og detaljar er utilstrekkeleg byggbare. Detaljar blir ikkje planlagt godt nok for bygging og blir ofte omprosjektert når dette blir oppdaga. Entreprenør på KHiB beskriv også eit problem der dei prosjekterande ikkje tok til seg mange av attendemeldingane dei fekk når dei gjekk gjennom det som var prosjektert saman med entreprenør. Konsekvensen var blant anna at det var umogeleg å halde framdrifta som var planlagt.

### *BIM og ICE*

Omprosjektering blir som nemnt presentert for alle og gjennomført i mindre grupper. «*Dette gjer at folk som ikkje er direkte knytt til dømes ein kollisjon og slepp å sitja passive og lytte*», seier prosjekteringsleiar på KHiB. Det er beskrive som eit problem på vanlege P-møte. Prosjekteringsleiaren legg til: «*Derimot kan det nokon gonger føre til nye konflikter med fag som ikkje er til stades og ikkje oppdagar feil som blir gjort i omprosjekteringa*».

Prosjekteringsleiar på KHiB fortel at hovudutfordringane med P-møte-strukturen er at det blir mykje kommunikasjon over mail, telefon og innkalling til ekstramøte. Han presiserer med: «*Ei to minutt lang telefonsamtale kan løyse same problem som fatta i ti mailar; det tek meir*

*enn to minutt å skrive»*. Informantar frå alle casane beskriv at prosjekteringsgruppa som prosjekterer på forskjellig lokasjon er ei stor utfordring for å ta og planlegge beslutningar om prosjektering.

Både Grimelundsveien og Bispevika blir det fortalt om mange utfordringer ved å prosjektere i forskjellige programvare. Døme på utfordringar er: at informasjon blir borte i konverteringa, endringar gjort i løpet av veka er usynleg på tvers av modellar og modellering etter ulike koordinatsystem.

På KHiB var det ei utfordring at modellen inneheld mykje informasjon. Arkitekten fortel at det vart mykje venting ved oppstart av modell og den var tung å bevege seg rundt i. På det verste måtte dei vente 40 minutt på å bruke modellen. Informantar frå byggherre fortel at arkitektar viser missnøye til å bli pålagt å teikne i BIM og spesielt i Revit.

Informant beskriv at det er utfordringar med at gamle folk ikkje er villige til å lære seg BIM.

#### 4.2.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen

##### *Prosjektmodell*

Det er utfordrande at forskjellige aktørar bruker forskjellige fasenormer. Prosjekterande fortel at folk ofte byter jobb mellom forskjellige bedrifter i næringa og omtalar fasar slik dei er vand med i førre bedrift eller prosjekt. Når aktørar som ikkje er vande med å samarbeide med kvarandre blir det ofte utfordringar knytt til kva for namn fasar blir omtalt med.

Det oppstod utfordringar når arkitekten i Grimelundsveien gjekk frå å ha beslutningsmyndigheit til å miste den i *Forprosjektutvikling* og *Detaljprosjektering*. Sidan arkitekten ikkje brukte same programvare som dei tekniske faga, hendte det at arkitekt gjorde beslutningar utan å kommunisere det godt med entreprenør, på grunn av at dei er vande med den myndigheita dei hadde i førre fase.

Sidan entreprenør kom inn seint i prosjekteringa fekk den avgrensa påverknad på det som vart prosjektert. Entreprenøren på KHiB uttrykker at dei prosjekterande ikkje tok i mot mange av korreksjonane dei kom med på prosjekteringa, som i ettertid viste seg å bli problem. Dette gjaldt mellom anna utanlandsk einingstid på aktivitetar.

KHiB brukte Statsbygg sine interne beslutningspunkt for prosjektering. Prosjekteringsleiar meiner at det var ei utfordring at det berre var tre beslutningspunkt.

##### *Lean prosjektering*

Mange av utfordringane som informantane frå caseintervjua beskriv, kan bli kopla mot prinsippa for Lean prosjektering som er brukt i KHiB. Flyplasskrysset, Grimelundveien og Bispevika har ikkje fokusert spesielt på Lean-prinsippa. Her er hovudutfordringane frå dei tre casane henta ut frå intervjua, knytt opp til prinsipp beskrive i Kapittel 4.1.2:

- Dårleg flyt – Bruk av ulik programvare til å modellere.
- Ikkje riktig modell (5R) – Til tider feil informasjon og detaljeringsnivå i modellen.
- Møte som ikkje er planlagt etter fokusområde (Pull) – Folk kjem uforberedt til møte og har ikkje klar informasjonen som trengs.

- Ein del feil i modell og tidssløsing – Forandringar i modell er ikkje merka med historie. Ein er avhengig av god kommunikasjon om modellen, for å veta kva som har skjedd. Ofte er det ikkje tilstrekkeleg. Forskjellig programvare er utfordrande. Det er ikkje alltid gode rutinar på å kontrollere.
- Planlegge slik at ein lærer under vegs (Fokusområde) – Informantar på Grimelundsveien fortel at prosjekteringa ikkje blir fullført før mot slutten av prosjekteringa. Få område er prosjektert heilt ut. Dette medførte at kunden oppdaga ting som han ville ha endra nært inntil produksjon. Da må det store endringar til når alt må bli endra og ikkje berre små område slik som på KHiB.

Entreprenør på KHiB beskriv at det tempoet i taktplanen frå prosjekteringa «kosta meir enn det smakte» for entreprenøren i fasa *Produksjon og Leveranse*. I tillegg uttrykker entreprenør eit strev med at det var prosjektert med så mange ulike materialar. Utfordringa var at dei berre kunne bestille det dei trong neste veke, sidan Lean Construction ikkje tillèt lagring av material. Kravet om å berre ha dei materialane dei trengte er utfordrande når det var prosjektert med så mykje forskjellig. Ei anna utfordring ligg også i at takt-grensene gjekk midt i veggjar, og det var vanskeleg å bestemme kva som skulle bli bestilt til kvar av vekene.

### *Planar*

Når det ikkje er planar for når beslutningar skal bli tatt er det vanskeleg å halde framdrifta, beskriv prosjektleiar i generelt intervju. Prosjektleiaren meiner at mangel på plan med beslutningar førar til lav trygghet for prosjekteringsuksess. I eit prosjekt utan beslutningsplan kan det vera ekstra viktig å ha ein erfaren prosjektleiar som veit kva for beslutningar som må bli gjort til ulike tidspunkt for å lykkes. På denne måten kan ein seie at prosjekteringsleiar utfyller funksjonen til ein beslutningsplan. Når ei endring blir foreslått på møte, er det kanskje berre dei erfarne som klarer sjå dei tverrfaglege konsekvensane av å endre detaljar. I alle fall å argumentere for det. Dette gjer bedrifter avhengig av gode prosjekteringsleiarar for å kunne vera trygg på at dei kan levere suksessfulle prosjekteringsprosessar. Konsekvensen av å gjere seg avhengig av prosjekteringsleiarar er at om prosjektet vert sårbart for sjukdom og bedrifta vert sårbart for jobbyte. Det kan bety mangel på kunnskapsoverføring mellom prosjekt eller rett og slett fiasko i prosjekteringa og prosjektet som heilheit.

Der det er laga planar er det ei utfordring at planane er laga utan nok samtale med dei planen er for. Dette gjer at planen ofte er dårleg forankra hos dei som skal ta han i bruk. Konsekvensen av dette er at den ikkje blir brukt aktivt nok. Dette var det tendensar til i Grimelundsveien.

På Flyplasskrysset er det uttrykt at beslutningsplan kunne vore nyttig i prosjektet. Utfordringa her var at store ting vart endra langt ute i prosjektet og endringar førte til omprosjektering tett inn mot bygging. Dette kan vera ein av grunnane til at prosjekteringa tok meir tid enn planlagt.

### 4.2.3 Beslutningsplanlegging

#### *Beslutning*

Fleire informantar beskriv hendingar som vitnar om at det ikkje er nokon som vil ta beslutninga. Dette har gjort at beslutningar om modellutvikling blir pressa fram like før ein frist, som gjer at det blir hektisk tett inn mot levering.

#### *LoD*

Informantar beskriv hendingar der det har vore mangel på kommunikasjon mellom faga når dei prosjekterer. Dette har ført til utviklingsnivå som har vore for høgt og for lågt i forhold kva planen har vore. Dette har ført til det er kasta bort tid på prosjektering som ikkje er verdiskapande eller omprosjektering som følgje av feil prosjektering (negativ iterasjon).

Fleire av svara frå informantane vitnar om utfordring med å ikkje ha plan som viser korleis utviklingsgraden til dei forskjellige bygningselementa er planlagt. Ei utfordring er at prosjekterande utsett å prosjektere for å unngå å måtte prosjektere om. Ei anna utfordring er at sidan prosjekterande arbeider på timer er det mangel på insentiv til å bli fort ferdig. Dette er det vanskeleg å følgje opp for dei som leiger inn og skal kontrollere dei prosjekterande.

LoD-systemet som var tenkt brukt på KHiB fungerte ikkje så godt i praksis. Ein prosjekteringsleiar frå byggherren uttaler at inndelinga var for grov til å vera funksjonell.

Nokre informantar frå generelle intervju beskriv at det er ei utfordring at mange er skeptiske til å implementere det nye kommunikasjonsverktøyet LoD, sidan det er så omfattande.

## 4.3 FS3

### *Kva for tiltak kan gjerast for å betre planlegginga av beslutningar i prosjekteringsprosessen?*

#### 4.3.1 Prosjekteringsprosessen

##### *Prosessen*

Informant beskriv at eit tiltak er å kommunisere ut kva som kjenneteiknar ulike aktivitetar og kva som krevst av innputt til kvar einskild aktivitet. Nokre gonger, ofte i tidelege fasar, er det nødvendig at mange fag er til stades for å kommunisere på tvers av fag.

Eit anna tiltak er å ha dei viktigaste detaljane beslutta tidleg. Byggherre på Grimelundsveien foreslår at bygningsstruktur må vera fastsett tidlegare. Det kan vera bra å utforske moglegheiter for å oppnå best mogleg resultat, men ein stad må det bli avslutta på grunn av tidsbruk og aukande kostnadar utover i prosjektet.

##### *Sløsing*

Flyplasskrysset og KHiB viser at bruk av lik programvare sparar prosjekt for mykje sløsing.

På KHiB foreslår prosjekteringsleiar tidlegare involvering av entreprenør i prosjekteringa, for å oppdage lite byggbare detaljar så tidleg som råd. Så fort som kontrakten er inngått bør prosjekterande og entreprenør sette seg saman og gå gjennom det som er prosjektert, slik at entreprenør skjønner kva som skal bli bygd og får kommentert dårlege løysingar. Entreprenør på KHiB meiner ikkje at dei prosjekterande tok til seg mange av attendemeldingane som kom

inn, og resulterte i problem med å halde framdrifta. Bant anna at det vart brukt andre einheitstider enn entreprenøren har erfaring med å jobbe etter. Dette er eit tiltak, å opne for meir endringsvilje rundt detaljar.

### *BIM og ICE*

På fleire av casane foreslår informantar at det er lurt å prosjektere ut område for område fullstendig. Når kunde får sett fullstendig modell er det lettare sjå behov og lære av tidlegare områdeprosjektering.

Prosjekteringleiar på KHiB meiner at riktige personar bør løyse kollisjonar, men det bør bli kontrollert av fleire etterpå, for å unngå nye feil.

Mange informantar meiner at mange av utfordringane med planlegging av beslutningar ligg i at det folk sitt på forskjellige plassar. Det er her dei viktigaste beslutningene i prosjekteringa blir gjort. Dette kan løyse tidsløysinga med å skrive e-postar og vanskelege telefonsamtaler med aktørar i same prosjekt som er lokalisert andre stader.

Informantar uttrykker at prosjektering i same programvare er ein klar fordel. Dette løyser utfordringar med ulike koordinatsystem. Informant legg til at det likevel ikkje er så enkelt: *«Utfordringa med å bruke lik programvare er at arkitekt ikkje kan vera like kreativ i til dømes Revit som til dømes ArchiCAD.»*

### 4.3.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen

#### *Prosjektmodell*

Tiltak kan vera å kommunisere ut forskjellane mellom fasar godt, eller gå for standardisert fasenorm. Ved at flest mogleg går over til å bruke ein standardisert, er det mindre problem når folk bytter jobbar, uttrykker prosjektleiar.

Informantar frå KHiB uttrykker at tidleg involvering av entreprenør i prosjekteringsgruppa kunne bidrege til gode meir byggbare løysingar. Gjennomføringsmodellen må legge opp til at entreprenøren kan komme med innspel på detaljane, men: *«Heller ikkje ha for mykje dei skulle sagt så det går utover kvaliteten»*, seier byggherreinformant.

Prosjekteringleiar meiner at dei interne beslutningspunkta for prosjekteringsfasen burde vera meir inndelte for å kunne ha noko funksjon.

#### *Lean prosjektering*

Mange av tiltaka som informantane frå caseintervjua beskriv, kan bli kopla mot prinsippa for Lean prosjektering som er brukt i KHiB. Flyplasskrysset, Grimelundsveien og Bispevika har ikkje fokusert spesielt på Lean-prinsippa. Her er tiltaka henta ut frå intervjua, knytt opp til prinsipp beskrive i Kapittel 4.1.2:

- Betre flyt – Bør bruke mest mogeleg lik programvare.
- Meir riktig modell (5R) – Bør ha meir riktig informasjon og detaljeringsnivå til riktig tid.
- Planlegge fokusområde før møte (Pull) – Folk må vera klar over kva som blir tema på møte, slik at folk gjer klar informasjonen som trengs.



- Mindre feil i modell og tidssløsing – Forandringar gjort i modell bør vera merka med historie i sky-løysing. Bør ha felles programvare. Gode rutinar for å kontrollere.
- Planlegge slik at ein lærer under vegs (Fokusområde) – Ved å prosjektere område for område fullstendig, skjønner ein tidlegare kva for detaljar som bør bli vald vidare, gitt at det er likskap. Grimelundsveien og i ein viss grad alle casane uttrykker at dette kunne vore fokus.

Entreprenøren på KHiB meiner at ein ikkje treng å planlegge utelukka etter taktprinsippa. Dei meiner det er rart å ikkje gjere noko som helst slags arbeid i resten av bygget parallelt med at taktområda beveger seg frå øvste etasje og nedover. Dei meiner også at prosjekterande må prosjektere med auka fokus på å velje detaljar som det er lett å kjøpe inn for kvar veke, så ikkje innkjøpet blir så ressurskrevjande.

### *Planar*

Informantar frå Grimelundsveien, Flyplasskrysset og generelle intervju meiner brukbare og godt forankra beslutningsplanar kan vera nyttig for prosjekteringsprosessen. Fleire meiner at det kan vera nyttig å gjera dei visuelle, slik at folk flest klarar og lesa dei og koma med innspel. Dette kan lette trykket på prosjekteringsleiarar og difor gjera bedrifter mindre avhengig av prosjekteringsleiarane.

Aksjonslista, med lappar for beslutninger og ting som måtte bli fiksa til ein bestemt dato, har fungert godt. Det er viktig å presisere at det blir skrivne riktige tider, sidan entreprenøren fekk erfaring med at «alt hasta like mykje», og ting vart ikkje gjort fordi det vart uoverkommeleg.

I generelt intervju med BIM-utviklar forklarar han korleis han meiner ein beslutningsplan bør vera. For prosjekt som prosjekterer i BIM – som gjeld dei fleste – bør det bli brukt fargekoder. 5-7 farger kan folk forhalda seg til.

Å bruke ein metode med post-it-lappar, der ulike fag skriv når dei må ha ulik informasjon, er ein av informantane sine forslag til betra forankring av planane.

### 4.3.3 Beslutningsplanlegging

#### *Beslutning*

Informantar uttrykker at det bør bli gjort tiltak for å få beslutninger tidelegare i prosessane, slik det er klart for alle når informasjon *må* vere innhenta. Plan for kven som skal levere kva til ei bestemt tid kan eliminere beslutningsvegring, forklarar ein prosjektleiar i eit generelt intervju. Planar for dette må bli følgd opp og oppdatert slik at dei stemmer med den ferskaste planen.

Aksjonslista på KHiB fungerte godt med at problem forsvann frå lista etter kvar som dei vart løyst.

Visualisering med BIM er ypparleg til å visualisere for til dømes kommune eller byggherre slik at dei får nok informasjon til ta del i beslutninger.

## LoD

Fleire informantar er klare på at utviklingsgraden av modellen kunne vore kommunisert betre. Kunne på den måten unngå mykje av den unødvendige prosjekteringa som har vore gjort i fleire av casane og andre prosjekteringsprosessar informantane har delteke på tidlegare. Informant frå arkitektane på KHiB synte fram kodelåsar i modellen som var detaljert heilt ned til knappane, noko informanten ikkje meinte dei hadde bruk for nokon gong og bidrog berre til å gjera modellen treg.

Informant i generelt intervju omtaler problematikk rundt LoD. Ved å ha ein plan for å følge opp dei prosjekterande er det lettare å kontrollere arbeidet deira, slik at dei ikkje jobbar fleire timar enn dei treng. I tillegg til at dei ikkje er så lett for enkeltfag å utsetja ei beslutning.

For at modell-utviklingsgraden (LoD) på KHiB skulle vore brukt skikkeleg og vore tilstrekkeleg funksjonelt, burde det ha vore implementert i modellen. Informant frå prosjekterande meiner ei høgare fininndeling av utviklingsgraden, enn den tredelinga som var tenkt her, hadde gjort utviklingsgraden meir funksjonell.

Ein informant frå generelt intervju beskriv at implementering av LoD må skje strategisk. Han meiner at det ganske sikkert at det har noko for seg, men kan lett blir avfeia om det er tungt å lære seg og blir tredd nedover hovudet på folk. Han foreslår at ein bør starte med å ha eit enklare LoD-skjema i implementeringa av LoD. Når arbeidsmåten er innarbeidd kan gradvis eit meir detaljert LoD-skjema bli brukt og vidare integrerast i BIM-programvara. Utvikling av enkel utvida versjon kan bli gjort parallelt. Informanten viste ein versjon som han saman med kollegaer har utvikla. Denne er vist i Figur 28. Det som skil denne fr BIMForum (2016) sin er at informanten har lagt til ei kolonne som heiter «Prosess» i tillegg til «Geometri» og «Informasjon» (Tidlegare i rapporten kalla eigenskapar). Nivåa har også fått namna «Idé», «Foredla idè», «Klar for tverrfagleg kontroll», «Utført tverrfagleg koordinering» og «Som bygget». Denne er gjort med erfaring i prosjekt som hadde implementert ein form for LoD.

	100	200	300	350	400	500
	Idé	Foredlet idé	Klar for tverrfaglig kontroll	Utført tverrfaglig koordinering	Produksjons-underlag	Som bygget
<b>Prosess</b>	Objektet er fremstilt som en skisse for visualisering og analyse.	Objektet er videre bearbeidet fra idé. Objektet er foreløpig valgt som løsning.	Objektet er kontrollert for konflikter mot andre objekter i egen disiplin. Alle objekter av tverrfaglig betydning skal være representert i modellen.	Objektet er tverrfaglig koordinert mot alle andre disipliner i prosjektet/området. Ingen gjenstående tverrfaglige konflikter.	Objektet er godkjent av prosjektgruppen og klar for produksjon/bygging.	Objektet er bekreftet bygget.
<b>Geometri</b>	Det stilles ikke krav til annet enn volumobjekter. Objektet er å betrakte som en skisse selv om det er modellert med tilsynelatende nøyaktig og detaljert geometri.	Objektet er grafisk fremstilt i BIM-modellen som et generisk system, objektet har omtrentlige mengder, størrelse, form, plassering og orientering.	Objektet er grafisk fremstilt i BIM-modellen som et bestemt system med riktig størrelse, form, plassering og orientering.	Objektet er grafisk fremstilt i BIM-modellen som et bestemt system med riktig størrelse, form, plassering og orientering.	Objektet er grafisk fremstilt i BIM-modellen som et bestemt system med riktig størrelse, form, plassering og orientering med detaljert utførelse.	Objektet er grafisk fremstilt i BIM-modellen og tilsvarer hver komponent i en konstruksjon/system. Objektet har riktig størrelse, form, plassering og orientering med detaljert utførelse.
<b>Informasjon</b>	Det stilles ingen krav til informasjonen i objektet.	Objektet inneholder forslag til materialvalg. Navngiving av objekttyper iht. modelleringskrav.	Objektet inneholder riktige materialer og informasjon iht. til modelleringskrav.	Objektet inneholder riktige materialer og informasjon iht. til modelleringskrav.	Objektet inneholder i tillegg produksjonsrelatert informasjon i henhold til modelleringskrav.	Fabrikant, sammenføyninger og informasjon om installasjon skal være modellert/vedlagt objektet.

Figur 28 – Forenkla generelt LoD-skjema (Internt dokument frå informant).



## 5. Diskusjon

I underkapitla blir dei tre forskingsspørsmåla diskutert med grunnlag i det som er presentert i Teori og Resultat. Dette blir gjort etter same kapittelinnndeling som i Resultat bortsett frå siste underkapittel i 5.3 FS3. Her er eit konkret tiltak presentert. Dette ein beslutningsplan omtalt som Modningsplanen.

### 5.1 FS1

*Korleis blir beslutningar i prosjekteringsprosessen planlagt i dag?*

#### 5.1.1 Prosjekteringsprosessen

##### *Prosessen*

Situasjonen som er skildra frå informantane viser at det er planlagt etter forskjellig logikk i ulike fasar. Langt ute i prosjekteringsprosessen byter ulike fag på å tilføre informasjon til modellen gjennom sine prosjekteringsaktivitetar. Under Teori blir dette presentert som sekvensiell logikk. I tidlegare fasar av prosjekteringa, til dømes i *Forprosjektutvikling*, er det i større grad planlagt at kommunikasjon skal gå på tvers av aktivitetar, altså i større grad etter gjensidig (resiprokale) eller intensiv logikk. På grunn av at aktørar sit på forskjellige plassar, er aktivitetane utført meir sekvensielt enn planlagt.

Fleire av casane viser til hendingar der endring har gjort at ein har gått attende til gjensidig og intensiv logikk langt ute i prosjektet. Dette er typisk når prosjekteringa går lenger utover i produksjonen enn det som er planlagt. Teori-kapittelet presenterer at endringar langt ute i prosessen i større grad påverkar akkumulerte kostnader.

##### *Sløsing*

Som eit definert Lean- og BIM-prosjekt, er det naturlegvis størst fokus på sløsing på KHiB. Sky-løysingar, felles *Revit*-server, rydding av informasjon og at brann jobbar inn i arkitektmodell, er fokus som såg ut til å fungere bra. Bra i den forstand at det er enklare å ta beslutningar når informasjonen er meir tilgjengeleg. Det verkar som det i fleire tilfelle har redusert ikkje-verdiskapande aktivitetar.

Utanom tregheita som oppstod med at modellen på KHiB vart tung og stor, verkar det som å prosjektere i same programvare var veldig mykje meir effektivt enn Grimelundsveien og Bispevika, der prosjektering skjedde i forskjellig programvare.

##### *BIM og ICE*

Både teori som er presentert og resultatata frå casane vitnar om at BIM er eit viktig element i planlegginga av beslutningar i prosjekteringsprosessen. BIM-informasjonsflyten går i prosjekt i aukande grad gjennom modellen. Det senkar kompleksiteten i kommunikasjonsflyten i prosjekteringsprosessen og opnar for ein rekke moglegheiter som bidreg positivt i planlegging av beslutningar. Visualisering, kollisjonskontrollar, framdriftsplanlegging i fleire tre, fire og fem dimensjonar gjer at ein kan ta beslutningar på grunnlag av meir tilgjengeleg

informasjon enn tidlegare. Det vert difor lettare for fleire aktørar å ta del i beslutningsprosessen i større delar av prosjektet.

Det finns mange forskjellige programvarer som forskjellige aktørar føretrekkjer. Arkitekt ser ut til å ikkje like *Revit* som er mest populært blant ingeniørfaga. Dette kjem av at det er enklare å vera kreativ i til dømes *ArchiCAD*. Det er berre eit intervju med ein arkitekt, så det er lett å berre sjå eine sida av saken på dette feltet. Å gjera halvparten av jobben i BIM-en kan virke som ein stor jobb, når resterande er gjort av veldig mange ulike rådgivande ingeniørfag.

KHiB har praktisert ICE-møter og det tyder på at det har vore vellykka for prosjektet. Det har spara prosjektet for mykje tungvint kommunikasjon over mail og telefon om beslutninger rundt bygningselement. Det er her planane for vidare prosjektering har vorte lagt og oppretting av blant anna kollisjonar i detaljar på tvers av fag og omprosjektering. Dei andre casane som har gjennomført prosjektinga meir i «P-møter», har brukt mykje tid på beslutninger og omprosjektering som følgje av beslutninger som er tatt på dårleg informasjonsgrunnlag.

### 5.1.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen

#### *Prosjektmodell*

Totalentreprise som kontraktsform gjer at aktørar jobbar tettare saman enn i delte entreprisar. Dette gjer at ein blir meir avhengig av å kommunisere om sine og andre sine fasar. På flyplasskrysset var dei prosjekterande og byggherren kjent med totalentreprise.

Casane i studien er to totalentreprise og to delte entreprisar. Der det ikkje er totalentreprise, har ikkje entreprenør påverka løysingar i så stor grad som i totalentrepriseprosjekta der det er tidlegare involvering.

Innanfor prosjektinga er ikkje planlegginga gjort etter fasar. Det blir i staden beslutta at bygningselement skal bli utvikla til ulike delfristar. Bygningselement avhenger heile tida av andre bygningselement som er modellert tidlegare. Statsbygg sin prosjektmodell inneheld tre beslutningspunkt. Desse var brukt i KHiB.

#### *Lean prosjektering*

KHiB har brukt fleire Lean-prinsipp i prosjektinga med god erfaring. Fleire av prinsippa kan ein finne i dei andre casane også, utan at dei kallar det «Lean prosjekt». Det er kanskje ikkje så rart sidan prinsippa ofte er allmenn kjente metodar for å effektivisere ein prosess. Det ser likevel ut som at KHiB, som har retta ekstra fokus på dette frå starten, har sett positive effektar av dette. Sidan mange av utfordringane i dei andre casane er utfordringar som kan bli knytt mot Lean-prinsippa, er det grunn til å tru at ekstra fokus på desse er nødvendig.

#### *Planar*

Det er forskjellig praksis for bruk av planar. Beslutningsplanar kjem i mange former og i KHiB utfyller aksjonsplanen eigenskapen til den litt meir brukte Excel-planen. I Lean er det fokus på å planlegge framdrifta bakover frå fristen. Framdriftsplanane er ofte gjort i *MS-Project*, men i Lean blir den bytt ut med ein *Excel*-plan kalla Taktplan. Det er forskjell på korleis desse planane blir brukt og følgjes opp. Taktplanen er i større grad forankra hos alle i prosjektet og blir kontrollert og oppdatert ofte.

### 5.1.3 Beslutningsplanlegging

#### *Beslutning*

I følge informantane er det tendens til at beslutninger ikkje blir låst. Dei blir ofte endra eller fatta tett inn mot produksjon.

Det er også ein tendens at folk flest vegrar seg for å ta beslutninger. Er det ingen plan som styrer dei til å ta beslutning, blir valet utsett. Mange mislik å omprosjekttere. Ein anna grunn kan vera at dei ikkje klarar å sjå for seg kva slags beslutninger som trengs.

#### *LoD*

Ut i frå svara til informantane er det lite som tyder på at LoD er noko særleg brukt i Noreg. Dei som har hatt ein del erfaring med BIM har høyrte om det, men har ikkje sett det i bruk.

## 5.2 FS2

### *Kva er hovudutfordringane i planlegginga av beslutninger i prosjekteringsprosessen?*

#### *5.2.1 Prosjekteringsprosessen*

##### *Prosessen*

Sekvensiell logikk i prosjekteringa kan føre til meir sløsing ved at kvar aktivitet ikkje får den dialogen den treng for at ta gode beslutninger.

Det er vanskeleg for kunden å sjå kva den er ute etter før dei ser det skikkeleg for seg. På Grimelundsveien var få ting detaljert ut før mot slutten. Det var vanskeleg for kunden å ta beslutninger før langt ute i prosjekteringa når påverknadsmoglegheit er avgrensa. Endring kan her bli kostbart.

På prosjekt som Grimelundsveien, der kunden var veldig endringsvillig, har det vore utfordringar knytt til at logikken blir gjensidig eller intensiv langt ut i prosjektet. Her er det høg grad av uorden i kommunikasjonen, som er skildra i Teori-kapittelet. Sidan dette er prosessar som er vanskelegare å planlegge, får prosjektet auka usikkerheit. Som kjent frå det teoretiske underlaget, resulterer dette i auka akkumulerte sluttkostnader. Ekstrakostnader som følgje av endringar i sein fase, er ofte vanskeleg å kommunisere ut mot kunde. Særleg gjeld dette endringar som kunden sjølv initierer. Nokre kundar godtek ekstrakostnadane, andre ikkje. På dei luksuriøse leiligheitene på Grimelundsveien godtok kunden mykje endring.

Prosjekteringsleiar på Bispevika refererer til prosjekteringsprosessar som ikkje fungerte så godt sidan mange enkeltindivid har vanskeleg for å jobbe på tvers av fag. Dette beskriv utfordringar med intensiv og gjensidig (resiprocal) logikk. Når kommunikasjonen går mykje på tvers mellom fag, krev det god evne til å samarbeide. Nokon meistrar dette mindre enn å prosjektere for seg sjølv. Figur 27 er tredelt, noko som informantar i Resultat omtaler som for grovt.

##### *Sløsing*

Prosjektering i ulike programvare er hovudutfordringa. Sidan ikkje arkitekt er representert med meir enn eit intervju, er det ikkje lett å vurdere kor vanskeleg det er for dei å byte programvare. Det spørsmålet kunne vore betre følgt opp. Sidan arkitekt ikkje har brukt same

programvare på KHiB som har hatt så stort fokus på BIM, så er det ein indikator på at det er utfordrande.

### *BIM og ICE*

Ulike preferansar på programvare gjer at ikkje alle vil bruke same BIM-programvare. Ved å bruke forskjellig mistar konseptet BIM litt av sin funksjon etter som informasjonsflyten ikkje går berre gjennom ein BIM, men fleire.

Informantane uttrykker i mange svar at det er vanskeleg å få folk til å ta i bruk verktøya. For å implementere nye verktøy og arbeidsmåtar, er det viktig å få med alle. Da går det ikkje an at folk kommuniserer over mail, i staden for BIM-modellen, slik planen var. Da mistar løysing sin funksjon. Ein del gamle folk har lite interesse for å lære seg nye metodane, slik som BIM. Det gjer det vanskeleg å få med alle.

ICE samprosjektering er ressurskrevjande og betyr høg grad av intensiv logikk. Alle er kanskje ikkje alle flinke til å jobbe i team.

Alle casane som brukte P-møte, foreslår samtidigprosjektering for å gjera det enklare å ta beslutninger og planlegge dei. Sjølv om informantane ikkje nemner det, er det vert å merke at det er dyrt å ha 20 ingeniørar til å sitte i eit prosjekteringsmøte å kontrollere at ting blir riktig endra.

## 5.2.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen

### *Prosjektmodell*

Det er ein tendens i svara frå informantar at fasane i prosjektet ikkje er godt nok forankra blant aktørane. På Grimelund skapte dette utfordringar i prosjekteringa. Arkitekten tok beslutninger utan å kommunisere med entreprenør, som satt med beslutningsmyndigheita.

Det er også uttrykt misnøye med at byggherrar bruker ulik fasenormer. Dette blir bekrefte i Tabell 7 under Teori.

Utfordringa med prosjekteringsprosessen er at den ikkje er så lett å dele inn i generelle beslutningspunkt når den inneheld haugevis med viktige beslutninger som kjem til forskjellig tid i forskjellige prosjekt. Prosjekteringsleiar på KHiB var ikkje fornøgd med Statsbygg sin prosjektmodell med tre interne fasar.

### *Lean prosjektering*

Svar frå entreprenøren på KHiB er teikn på at Lean har utfordringar i oppstarten. Dette som kjem fram under Resultat, verkar det som om prosjekterande har ein tendens til å prosjektere med mange forskjellige detaljar som gjer det vanskeleg for entreprenør å handle inn nøyaktig til kvar veke. Entreprenøren meiner også at taktområda er definert noko rart. Generelt verkar det som byggherre og prosjekterande er godt fornøgd med å bruke Lean, medan entreprenøren synes det har vore ressurskrevjande. Dette kan ha med at det er nytt for fleire av aktørane. Det er lett å forstå at det er tungt for entreprenøren, når den ofte måtte ta inn att framdrift i helgene.



## *Planar*

Som det vart presentert i FS 1 under Resultat, blir prosjekteringsaktivitetar (bygningselement) ofte planlagt i ein framdriftsplan med start og stopp. Det er aldri presentert kor langt modellen skal vera utvikla til forskjellige tidspunkt langs streken. Eit døme kan vera at vegplanlegger må beslutte veglina før elektro skal plassere ut mastene. Det er med andre ord ikkje berre nødvendig å veta når vegplanleggaren startar og stoppar prosjekteringa si, men når han har beslutta bestemte ting på framdriftslina.

Det er vanskeleg å ha kontroll på prosjekteringsprosessen når bygningselement berre er markert med start og stopp og ikkje utviklinga under veks.

Det er ei utfordring at både framdriftsplanar og beslutningsplanar er lite forankra hos dei som skal bruke dei. Ofte blir dei sjeldan oppdatert og kontrollert.

Prosjekteringleiar, som ofte styrer planen, har oversikta over kva konsekvensar endringar i planen har. Er det ikkje nokon beslutningsplan må han ha oversikta i hovudet. Utan plan til å kontrollere prosjekteringsprosessar, er alt ansvaret for å kommunisere samanhengar i planen i hendene på prosjekteringsleiar. I baa tilfella, med og utan plan som i dag, verkar det som mykje er opp til at prosjekteringsleiar er god til å kommunisere ut samanhengar i planen, sidan dei ikkje er særleg lesbare.

Personane som er intervjuar er ofte dei som har laga planane. Dei er kanskje difor ikkje alltid dei rette å spørje om korleis dei fungerte. Personar som har brukt planane er kanskje meir kritiske.

### *5.2.3 Beslutningsplanlegging*

#### *Beslutning*

Tendensen med sein låsing av modellutvikling er ei utfordring når det gjeld å fordele arbeid utover prosjekteringsprosessen. Nokre bygningselement treng informasjon som elementet berre kan gje etter ein viss utviklingsgrad. Som det vart presentert under Teori, er dette lite gunstig for akkumulerte kostnader, viss dei kjem langt ute i prosjektet.

Beslutningsvegving er nemnt under Resultat. Folk er nervøse for å låse seg til løysingar og ventar med å ta beslutning fordi dei venter på informasjon frå andre fag. Ingen tør derfor å prosjektere ferdig løysinga. Folk er redd for å måtte omprosjektere, noko dei færraste lik. Kanskje det kjem av det ikkje er beslutningsplan å vise til. Alle lir av beslutningsvegving. Kombinert med manglande plan, som legg press på å få ting på plass, er det lett å forstå at ting blir utsett.

#### *LoD*

Nokre informantar beskriv at det er ei utfordring å innføre eit nytt kommunikasjonsverktøy som LoD. Mykje kan tyde på at det kan stemme. Fleire av informantane beskriv problem der spesielt eldre folk ikkje er villige til å ta i bruk nye metodar som blir foreslått.

Det er også skildra fleire tilfelle der det er vanskeleg for folk som bruker modellen til å veta status på bygningselement, spesielt på KHiB. Dette er utfordrande viss ein anna baserer seg på eit ufullstendig objekt eller objekt som er meir ferdig enn det er tenkt; Til dømes om det er henta frå eit objektbibliotek. Det kan skape utfordringar for den neste som skal prosjektere eller den som skal bygge.

Forskjell på prosjekterande og entreprenør er at prosjekterande jobbar på timer. Dei har mindre insentiv for å gjera jobben fort. LoD som presentert i Teori bidra til å kunne kontrollere dei prosjekterande.

### 5.3 FS3

*Kva for tiltak kan gjerast for å betre planlegginga av beslutningar i prosjekteringsprosessen?*

#### 5.3.1 Prosjekteringsprosessen

##### *Prosessen*

Under Resultat blir det presentert at eit tiltak er å kommunisere karakteristikkar av aktivitetar. Tidelege fasar, der mange ulike fag treng informasjon av alle, er det som under Teori blir omtalt som intensive eller gjensidige prosessar. Dette kan vera ein indikator på at det nokon gonger blir planlagt etter sekvensiell logikk, men det er ikkje presisert.

Informantar beskriv at aktivitetane ofte blir ufrivillig intensive eller gjensidige mot slutten. Eit tiltak mot dette kan vera å planlegge som dei gjer i offshore-bransjen. Forskjellige fag har egne delfristar slik at modellen får tid til å modne seg. Det kan leggest inn grove detaljar i ein beslutnings- og framdriftsplan. Dette gir mindre gjensidige iterasjonar altså (illustrert med mindre krusedullar i Figur 10). Problemet blir likevel når kunden er endringsvillig slik som i Grimelundsveien. Det er vanskeleg å gi eit godt svar på kva det vil koste å endre. Sjølv om ikkje informantane nemner noko om det, er viktig å hugse at det er stor forskjell på totalentreprisar og delte entreprisar når det gjeld endringar. I totalentreprisar vil totalentreprenør få ned totalprisen. Kostnad for endringar blir vurdert saman med prosjekteringskostnad. I delte entreprisar vil entreprenør prøve seg på å bygge billigare løysingar for å tene pengar. Prosjekteringskost som følgje av endring må bli tatt av byggherre, ikkje entreprenør. Det gir insentiv til at entreprenør prøver seg.

##### *Sløsing*

Resultata beskriv ei einigheit om tre ting: 1) Alle tekniske fag bør modellere i same programvare; 2) Det bør vera felles sky- og nettverksløysingar; 3) Unødvendig informasjon bør bli rydda vekk frå modellen. Det beste synes å vera at også arkitektar brukar lik programvare, men det kan virke som at dette er krevjande sidan det ikkje er gjort på KHiB med ekstra fokus på BIM.

##### *BIM og ICE*

Samprosjektering blir halde for å vera ein veldig tidseffektiv måte for at planlegginga av beslutningar skal gå glattare i fleire av casane. Det er derfor eit tiltak til beslutningsplanlegging.

Samprosjektering er derimot ressurskrevjande, da mange aktørar må vera til stades samtidig. For store og komplekse prosjekt er det størst sjanse for at det er lønnsamt. 20 ingeniørar i eit rom over lang tid, der mange sit berre å høyrer på er naturlegvis dyr «kontroll» på at det som sagt ikkje påverkar deira fagfelt.

Samprosjektering krev i tillegg mykje planlegging i forkant.

### 5.3.2 Planleggingsstruktur i prosjekteringsprosessen

#### *Prosjektmodell*

Eit tiltak for å betre strukturen i prosjekteringsprosessen er å bestemme å bruke ein standard fasenorm som felles referanse. Norma *Neste Steg* frå Bygg 21 passar til flest av fasane lista opp i Tabell 7 under Teori. Det kan gjera det lettare å planlegge på tvers av aktørar.

Eit anna tiltak for å betre planlegging av beslutninger i prosjekteringsprosessen er å velja ein gjennomføringsmodell eller kontraktsform som tidleg involverar entreprenør. Fleire av informantane i spesielt i dei delte entreprisane sakna større involvering for å oppnå meir byggbare løysingar.

For at ein prosjektmodell skal vera funksjonell, må den vera generell nok. Det blir bekrefta både under Teori om LoD og svar frå prosjekteringsleiar på KHiB. Eit tiltak er difor å ta i bruk LoD i prosjektmodellar for å betre planlegge beslutninger i prosjekteringsprosessen. Utfordringa med dette er at det tek lang tid å lage den. Spørsmålet er kor stor konsekvensane av å gjera feil er i prosjektet. I offshore-bransjen er konsekvensane for å gjera feil store, og difor har det vore planlagt liknande lenge. Kanskje dette kan bidra til auka produktivitet i næringa? Teorien argumenterer på mange måtar med for at planlegging tidleg, når kostnadane er låge, er det beste. Dette er enklare med BIM, blant anna på grunn av visualisering for kunden, slik at beslutninger kan bli tatt tidlegare.

Som det kjem fram under Teori er det standardisering bra, men det er viktig at det ikkje verkar som ei tvangstrøye, slik som det er presentert i underkapittelet *Beslutning*. Inntrykket er at leiinga rundt om kring dei som er mest glad i modellane, og det kan vera for få insentiv mellom folk lenger ned i systemet.

#### *Lean prosjektering*

KHiB viser til god erfaring med Lean-prinsippa som er brukt i prosjekteringa og utfordringane i dei andre casane kan bli adressert til same prinsippa. Det tyder på at implementering av prinsippa er gode tiltak å for å oppnå betre beslutningsplanlegging i prosjektering.

Entreprenør viste litt misnøye med nokre av Lean-prinsippa. Dette kan koma av at Lean er nytt for dei fleste aktørar og har nokre barnesjukdommar. Det er forståeleg at dei likevel har vore strenge med å bruke flest mogleg av prinsippa. På denne måten får ein testa det skikkeleg.

#### *Planar*

Ved at utviklingsframdrifta av modellen er planlagt med utviklingsnivå, kan andre bli planlagt ut i frå denne.

Tiltak er å gjera beslutningsplanar og framdriftsplanar meir visuelle, meir forankra til dei som skal bruke dei. Aksjonsplanen løyste veldig mange sakar på KHiB og var veldig kjent. Beslutningsplanar er det berre nokon som har forhold til. Prosjekteringsleiar kommuniserer ut det som står i planen. Det beste ser ut til å vera at det mest mogleg er inne i ein plan.

I framdriftsplanar for prosjekteringa, bør det kunne gå an å planlegge meir detaljert rekkefølge på prosjekteringsutvikling, ikkje berre når dei går parallelt. Dette kjem nok også av at programvara *MS-project* ikkje har funksjon for å teikne på anna måte.

Å henge opp post it-lappar på tavle i starten av prosjekteringa kan virke som ein god måte å forankre planen. Det er da sikkert viktig å gjera dette med jamne mellomrom. Dette er derimot ikkje studert nøye i oppgåva.

### 5.3.3 Beslutningsplanlegging

#### *Beslutning*

Eit tiltak for å unngå at beslutninger kjem på slutten av prosjekteringsprosessen er å låse tideleg. På denne måten kan informasjonen enklare blir planlagt innhenta. Dette kan minske fara for at det får konsekvensar for akkumulerte kostnader.

#### *LoD*

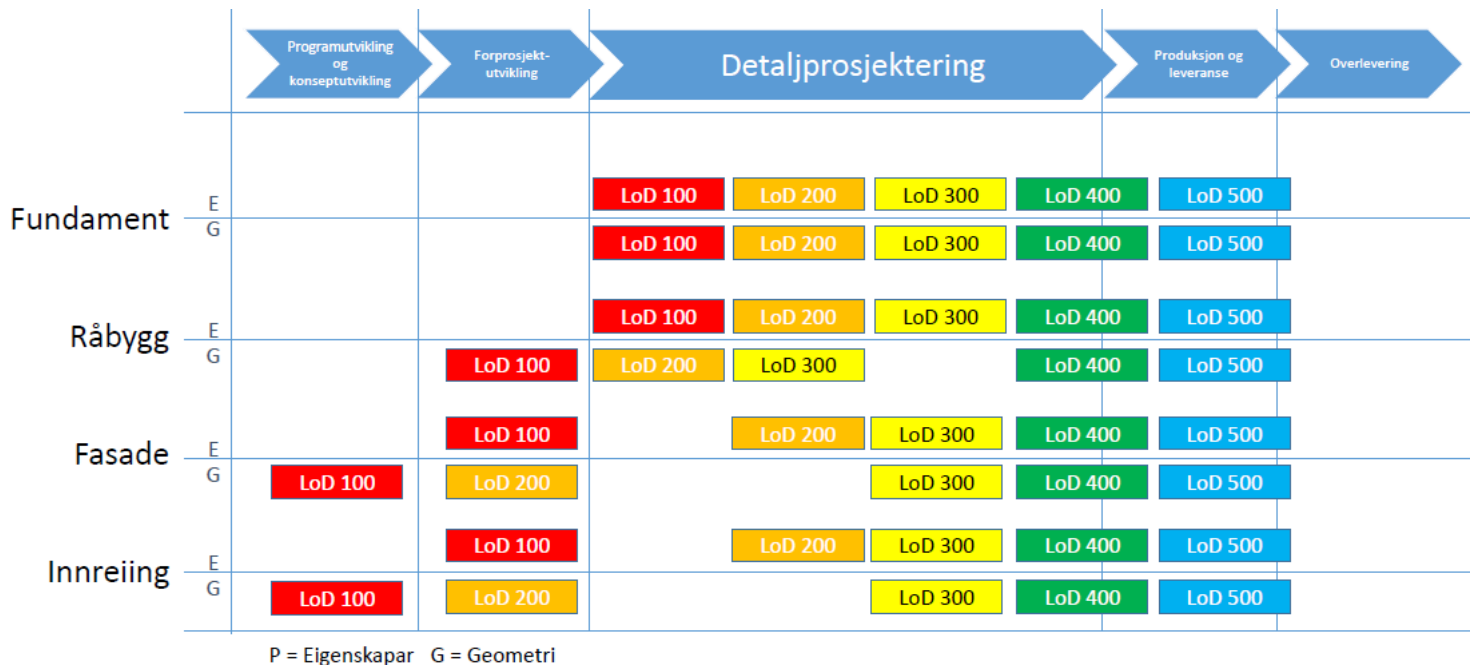
Som nemnt tidlegare i dette kapitlet er det enklare å etterlikne planleggingsmetoda som er brukt i offshore-bransjen ved hjelp av LoD.

Ein informant frå generelt intervju beskriv utfordring knytt til implementering. Det går på at han meiner dei store dokumenta BIMForum (2015) og MTHoeygaard (2015) kan bli for omfattande å setta seg inn i og forhalde seg til i starten. Han foreslår derfor eit eget dokument som kan bli brukt i starten. Kan seinare implementere meir detaljert, når verktøyet er innarbeidd.

Inndelinga må heller ikkje vera for grov, slik som det blir presentert av informant på KHiB i Resultat .

### 5.3.4 Konkret tiltak – Modningsplanen

I kapittel 5.3.1, 5.3.2 og 5.3.3 blir tiltak for å forbedre planlegginga av beslutninger diskutert. For å oppnå forbedringane skisserer forfatteren ein ny modell som eit konkret tiltak. Denne baserer seg på Teori-kapittelet, funna under Resultat og element frå Diskusjon. Modningsplanen er vist i Figur 29



Figur 29 – Modningsplanen: Beslutningsplan bygd Neste Steg og LoD.

Modningsplanen er tenkt å vera ein plan som skal bli tilpassa kvart prosjekt. Den er laga med standardiserte fasar langs x-aksen (tida) og element i BIM-en langs y-aksen. I dette dømet er det brukt fasar som er vanlege i produksjonen av eit bygg. For kvart hovudelement er det skildra (over og under linja) kor utvikla eller moden modellen blir planlagt å vera til forskjellige bestemte tider langs x-aksen. Det er dermed mogeleg å skildre korleis modellen skal bli utvikla på tvers av fag. Det er brukt fem forskjellige farger som er tenkt å samsvare med bygningselementa i modellen. Utforminga er forsøkt å følgje informasjon henta inn gjennom case-studien og litteraturstudien.

Sidan studien ikkje fekk tak i prosjekt, med aktiv bruk av LoD, blir er det vanskeleg å diskutere på grunnlag om kor god denne metoden er. Tabell 8 legg likevel fram *korleis Modningsplanen* kan bidra til kvar av inndelingane som går att i oppgåva, etterfølgd av *forbetringa*. Dette er gjort på bakgrunn av det teoretiske grunnlaget som er lagt i Teori-kapittelet, funna presentert i Resultat-kapittelet og element frå diskusjonen.

Tabell 8 – Kvifor bidreg modningsplanen og kva slags forbetring gir den?

Oppgåvedel	Korleis	Forbetring
<b>Proessen</b>	Bidreg til at ein kan planlegge med at fag har individuelle delfrister slik som i offshore-bransjen.	Enklare planlegging av iterative prosessar
<b>Sløsing</b>	Ved bruk av ulik programvare kan visuell plan kommunisere ut felles mål på tvers av modellane.	Mindre sløsing
<b>BIM og ICE</b>	Kan bidra til at det for alle aktørar er enklare å vite <b>kva slags bygningselement</b> frå <b>kva fag</b> som skal bli utvikla til <b>kva tidspunkt</b> og til <b>kva nivå</b> .	Enklare og billigare BIM-leveranse
<b>Prosjektmodell</b>	Felles fasenorm med innvendige beslutningspunkt for kvart fag gjer planen både nok generell og spesifikk på same tid. Generell ved felles referansar til fasar og spesiell ved at bestemte hovudbygningselement har eigen framdrift.	Enklare planlegging av prosjektering innanfor og i mellom aktørar
<b>Lean-prosjektering</b>	Bidreg til at Lean prinsipp i prosjekteringa er enklare å få gjennomført.	Enklare implementering av Lean-prosjektering
<b>Planar</b>	Bidra til at ein ser utviklingstrinna til bygningselement. Det gjer at element som avhenger av utviklingsgraden til andre element kan planlegge si framdrift ut frå planen.	Minska avhengigheit til erfaren prosjekteringsleiar til å forklare samanhengar i framdrifta
<b>Beslutning</b>	Kan bidra til at beslutningar om modellutvikling kan bli låst tidlegare og kontrollert ved hjelp av planen	Tidlegare låsing av detaljering/utvikling
<b>LoD</b>	Bidreg til å kunne planlegge prosjekteringa meir detaljert, fleksibelt og visuelt på eit språk som andre brukar tid på å lage.	Meir faseinndelt, lesbar og enkel framstilling av ein plan med «etablert» språk

## 6. Konklusjon

I underkapitla her blir forskingsspørsmåla, som er presentert i innleiinga og behandla i rapporten sine delkapittel, konkludert. Nummereringa 1-8 i 6.1, 6.2 og 6.3, koplar saman svar frå like tema. Ein **Modningsplan** blir presentert som eit konkret tiltak på forskingsspørsmål 3. Forbetringane med tiltaket er diskutert etter same tema-nummerering. I 6.4 blir det presentert anbefalingar til bruk av *Modningsplanen* og eventuelt vidare arbeid med den.

### 6.1 FS1

*Korleis blir beslutningar i prosjekteringsprosessen planlagt i dag?*

I rapporten blir desse punkta trekt fram som svar på forskingsspørsmålet (FS1):

1. Prosjekteringsprosessen blir i liten grad planlagt for å gjera iterative operasjonar som er nødvendig for at prosjekteringsprosessen skal vera verdiskapande. Det er vanleg at «Størrelsen» på iterasjonane stegvis minkar fram mot ein felles frist.
2. Det er mange ikkje-verdiskapande aktivitetar i prosjekteringsprosessen. Fleire av casane i rapporten er bevisste på at sløsing oppstår ved bruk av ulik BIM-programvare og modellar som er store og uryddige. KHiB viser til fokus på Lean-prinsipp for å unngå sløsing, og dei fokuserer nettopp på dette.
3. BIM er viktig i beslutningsprosessar ved at den tilegjenleggjer informasjonen for fleire aktørar. Fleire klarer da å ta større del i beslutningsprosessen. Store beslutningar blir planlagt og tatt på samprosjekterings- eller p-møter.
4. Prosjektfaseovergangane definerer store beslutningspunkt eller kontrollpunkt. Her er det ofte viktige leveransar og kontraktinngåingar. Mange forskjellige fasenormer er i bruk i norsk bygg- og anleggsnæring.
5. Lean er ein effektiviseringsfilosofi som blir utprøvd i Noreg for å få orden på mellom anna prosjekteringsprosessen. KHiB er eit prosjekt som viser til fleire positive effektar av implementering i prosessen.
6. Beslutningsplan, som visar framdrift, er ikkje brukt i nokon av casane. Tre av fire casar er lister med konkrete beslutningar. Mindre konkrete beslutningar om modellutviklinga blir tatt med andre planar som til dømes hovudplanar, prosjekteringsplanar og aksjonsplanar. Prosjekteringleiar fungerer som beslutningsplan ved at han eller ho har oversikt over utviklinga av bygningsselement. Utviklingsnivåa for dei ulike bygningsselementa er planlagt basert på erfaring. Framdriftsplanar for prosjekteringa viser stort sett berre start og stopp for bygningsselement.
7. Det blir sjeldan beslutta at det skal låsast detaljar eller utviklingsgrad og endringar kjem som følgje ofte langt ute i prosjektet.
8. Utviklingsgraden, *LoD*, er eit nytt språk som er tenkt å bli brukt til å planlegge prosjekteringsprosessen. Utviklingsgrad er så å seie ikkje utprøvd i Noreg og casane har lite døme å vise til på dette. KHiB brukte ei tredeling for interne beslutningspunkt i prosjekteringa.

## 6.2 FS2

*Kva er hovudutfordringane i planlegginga av beslutningar i prosjekteringsprosessen?*

I rapporten blir desse punkta trekt fram som svar på forskingsspørsmålet (FS2):

1. Sidan det i liten grad blir planlagt for iterative prosesser i prosjekteringa, kan ein misse verdiskapande prosjekteringsprosessar. Felles frist for alle fag gjer at modellen ikkje får tid til å modne seg.
2. Sløsing ved bruk av ulike BIM-programvare mellom aktørar og på grunn av store modellar skapar utfordringar for dei prosjekterande tekniske ingeniørfaga. Omprosjektering er nemnt i fleire casar som sløsing. Entreprenørar i casane beskriv at sløsing i hovudsak skuldast prosjekterte løysingar som ikkje er byggbare.
3. Å bruke BIM i utstrekt grad krev ressursar, erfaring og kompetanse. Det er tungt å venne folk til dei nye arbeidsmetodane. Det krev også solidaritet frå dei ansatte; Om nokon ikkje følgjer fastsett løysing og kommuniserer med mail/papir blir det tull. Samprosjektering krev god planlegging.
4. Kvar byggherre har si eiga fasenorm og forståing av denne. Prosjektaktørane heng ofte att i fasenorma frå det siste prosjektet dei jobba på. Med så mange ulike fasenormer og tolkingar er det vanskeleg å kommunisere styre beslutningar. Ettersom prosjekteringsprosessen er mindre sekvensiell enn produksjonsprosessen, og det er så mange ulike fasenormer, er det vanskeleg å styre kommunikasjon og beslutningar med generell fasenorm.
5. Lean kan vera temmeleg pressande for entreprenøren. KHiB viser til mykje overtid og litt utfordringar med den strenge materiallogistikken. Mange av Lean-prinsippa brukt på KHiB er utfordringar presentert i dei andre tre casane.
6. Når prosjekteringa berre er vist med start og stopp, kan avhengande bygningselement slite med å planlegge si modellutvikling til bestemte utviklingsnivå. Mangel på kontroll gjer bygningselement ikkje kjem i gang til rett tid. Beslutningsplanar blir ofte ikkje brukt og er ofte lite forankra til prosjekteringsdeltakarane. Bedrifter er difor veldig avhengige av erfaren prosjekteringsleiar for å halde oversikt over samanhengar mellom bygningselement. Prosjektet eller bedrifta er som følgje sårbar dersom prosjekteringsleiar blir sjuk eller sluttar. Kunnskapsoverføring mellom prosjekt er også krevjande utan detaljert plan.
7. Utfordring med at beslutning om modellutvikling/detaljar blir seint låst er at det ofte blir mykje å gjera på slutten prosjekteringsprosessen der handlefriheita er avgrensa. Beslutning blir utsett ved at folk vegrar seg for å ta ho. Det kan koma av at beslutningsplan ikkje blir vist til og det dermed kan vera utfordrande å kommunisere at bestemte beslutningar er viktige.
8. Utfordringa med den vesle erfaringa av LoD i på KHiB er at tredelinga er for grov til at det utfyller behovet. Ei anna utfordring er at LoD er nytt og krevjande å forstå.



### 6.3 FS3

*Kva for tiltak kan gjerast for å betre planlegginga av beslutningar i prosjekteringsprosessen?*

I rapporten blir desse punkta trekt fram som svar på forskingsspørsmålet (FS3):

1. Prosjekteringsprosessen kan ha godt av å bli planlagt på ein måte som legg opp til gjensidige og intensive iterative prosessar for å oppnå mest mogleg verdiskapande prosjekteringsprosessar. Implementering av praksisen i offshore-bransjen, med eigne fristar for ulike fag, er eit mogleg tiltak som kan bidra til meir strukturert tidleg prosjekteringsprosess. Modellen kan dermed få «modne» seg fram mot fristen.
2. Tiltak som går att for å unngå sløsing mellom tekniske ingeniørfag er å bruke sky- og nettverksløsningar, lik BIM-programvare med felles server og rydde vekk unødvendig informasjon i modell. Fleire informantar beskriv at tidleg involvering av entreprenør kan minska omprosjektering.
3. Erfaringane med BIM i casane er at det fungerer best med sky-løysingar, lik programvare og når flest mogleg teikningar er henta ut frå modell. Da går kommunikasjonen i større grad gjennom ei plattform og det er lettare for alle å ta del i beslutningene. BIM-kiosk har vist seg å vore svært nyttig tiltak på KHiB ved at utførande får tettare forhold til modellen. Casane viser at samprosjektering, med flest mogleg av aktørane, er veldig nyttig for å ta beslutningar og planlegge dei vidare.
4. Fasenorma *Neste Steg* bør blir brukt som felles referanse når aktørar som brukar ulike fasar samarbeider og kan gi betre kunnskapsoverføring.
5. Dei åtte prinsippa som er brukt frå Lean prosjektering på KHiB er alle gode tiltak for å forbetre planlegginga. Entreprenørane på KHiB har erfart at det kan vera lurt å for prosjekterande å ha større fokus på materialar er enkle å bestille opp og områder er delt opp med tanke på materialbestilling. Entreprenør meiner også at det bør kunne gå an avvike frå taktområda, med å gjera noko arbeid utanom hovud-takta.
6. Framdriftsplanar i prosjekteringa bør ha utviklingsnivå, slik at avhengande bygningselement kan planlegge ut i frå utviklingsgraden til andre bygningselement. Beslutningsplan bør bli forankra sterkare til dei som skal bruke han ved at den er gjort i samråd med brukarane. Den enklaste måten å forankre planer og avhengigheiter er å samle alle prosjekterande ved ei stor tavle med post it lappar. Alle fag har eigen fargekode på lappen og skriv dato for når dei treng ulik informasjon eller bygningselement med bestemt utviklingsgrad. Da er planen forankra i gruppa. Forankra plan kan ha potensial til å minske avhengigheita til prosjekteringsleiarar.
7. Beslutningar om detaljering/utvikling bør bli låst tidlegare for å fordele arbeidet utover prosjekteringa.
8. LoD er nyttig å bruke i beslutningsplanar for å kunne framstille meir visuelt samanhengane mellom utviklinga til ulike fag. Ein meir lettlest plan kan i auka grad fungere som intern og ekstern kontroll av prosjekteringsprosessen og gi meir nyansert uttrykk for utviklinga til modellen. I tillegg kan det gjera det enklare å implementere nyttig planleggingsmetode frå offshore-bransjen.

Desse tiltaka er i Kapittel 5.3.4 i Diskusjon konkretisert ned til ei bestemt forbetring av planlegginga i prosjekteringsprosessen: **Modningsplanen** (Figur 29). Denne er bygd opp av utviklingspråket LoD (Level of Development) og fasenorma *Neste Steg*. Planen legg opp til ei meir visuell og spesifikk planlegging av beslutningar til utviklinga av valfrie hovudelement i ein bygningsinformasjonsmodell. Døme i Figur 29 viser vanlege fasar frå *Produksjonsfasa*. Linja ut frå elementa skil mellom dei to viktige forskjellane i ein modell: eigenskapar og geometri. Utviklinga av desse er ofte ulik på forskjellige tidspunkt i prosjekteringsprosessen. LoD-nivåa er delt inn med fargekode som kan fungere som visualisering i BIM-modellen. LoD-nivåa blir brukt for å kunne veta kor mykje av informasjon som er til å stole på. LoD-skjema beskriv kva dei inneheld.

I Tabell 8 i Kapittel 5 blir det diskutert at modningsplanen kan forbetre følgjande:

1. Enklare planlegging av iterative prosessar
2. Mindre sløsing
3. Enklare og billigare BIM-leveransar
4. Enklare planlegging av prosjektering innanfor og mellom aktørar
5. Enklare implementering av Lean-prosjektering
6. Minska avhengighet av erfaren prosjekteringsleiar til å forklare samanhengar i modellframdrifta
7. Tidlegare låsing av modell-utvikling
8. Meir faseinndelt, lesbar og enkel framstilling av ein plan med «etablert» språk

Sjølv om informantane ikkje snakkar ut i frå casar som brukar LoD, er det grunnlag til å tru at informantane sit med nyttig erfaring som grunnlag for å lage Modningsplanen. BIM ser ut til å ha kome for å bli, dermed kan case-studien representere framtidige prosjekteringsprosessar. Med tilpassingar er det grunn til å tru at beslutningsplanen kan tene til å effektivisere beslutningsplanlegginga i prosjekteringsprosessar. Stemmar det at planen bidreg med punkta over, vil det kunne auke produktiviteten i prosjekteringsprosessen og dermed også bygg- og anleggsnæringa. Punkta over bør derfor bli kontrollert.

Modningsplanen er ein konseptuell modell for bedrifter som er ute etter å betre kontrollen av prosjekteringsprosessen ved å planlegge utviklinga av BIM-modellen betre.

## 6.4 Anbefaling og vidare arbeid

Om Modningsplanen blir tatt i bruk i eit prosjekt anbefalast å vurdere nøye kva for hovudelement (hovudleveransar i modellen) som passar å bruke på y-aksen for det enkelte prosjektet. Blir det vald mange element, vil det bli ressurskrevjande å endre under vegs. LoD-utviklinga blir teikna opp ved å bestemme seg for eit LoD-skjema med eigenskap- og geometri-forklaringar for ulike element. Finns det ikkje for elementa som er vald i prosjektet kan LoD-nivå-definisjonane under Teori bli brukt som grunnlag for å lage eigne. MTHoygaard (2015) og BIMForum (2016) er fine LoD-skjema-versjonar å ta utgangspunkt i.

LoD-språket blir, etter kva forfatternen har oppfatta, utvikla av fleire nasjonale og internasjonale organisasjonar og bedrifter som til dømes Building Smart, Statsbygg og BIMForum. Ved å halde seg oppdatert på utviklinga på LoD-skjema, slepp ein å bruke tid på dette sjølv. Det same gjeld bygg21 sitt arbeid på fasenorm. Går bygg og anleggsnæringa i same retning, i staden for å utvikle overlappande idéar, er det større sjanse for å auke produktiviteten i næringa.

Vidare arbeid med dette temaet kan vera å teste ut Modningsplanen på eit prosjekt for betre å kunne vurdere punkta som blir presentert som moglege forbetringar. I slutten av studien vart det oppdaga at det likevel finns nokre få prosjekt i Noreg som er gjennomført med bruk av ei form for utviklingsgrad. Building Smart Norge er i ferd med å samle inn informasjon om desse. I eit vidare arbeid bør BuildingSmart Norge bli kontakta slik at denne erfaringa blir brukt til å tilpasse Modningsplanen. «*Gradvis implementering*», som ein av informantane i Resultat-kapittelet av rapporten foreslår. På denne måten unngår at det blir for mykje å setja seg inn i på ein gong.

Fokuset har vore på prosjekteringsprosessen, så eventuell nytte av planen i andre programmeringsprosessen og produksjonsprosessen er ikkje studert. Implementering her kan difor vera aktuelt å sjå på.

Sidan oppgåva avgrensar seg til norsk praksis, er det nyttig sjå på den internasjonale praksisen av beslutningsplanlegging.

Vidare arbeid kan også vera å vurdere kva planen bør blir teikna i (MS-Project, BIM-programvare eller enkel digital skisse) og korleis den kan bli koplå til BIM-programvare. Dette kan vidareutvikle verktøyet BIM i framtidige arbeidsmåtar.

## Referanseliste

- (UiO), U. M. (2015). *Kvalitativ og kvantitativ analyse*. snl.no.
- Aaserud, K. & Lædre, O. (2014a). *Samhandling med BIM i vegprosjekter E6-frya-vinstra*. Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Fakultet For Ingeniørvitenskap Og Teknologi Institutt For Bygg Anlegg Og Transport.
- Aaserud, K. & Lædre, O. (2014b). *Samhandling med BIM i veiprosjekter: - med bakgrunn i E6 Frya-Vinstra*. Collaboration with BIM in Infrastructure Projects: A Case Study: Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Acosta, C., Leon, V. J., Conrad, C. R. & Malave, C. O. (2010). *Global Engineering : Design, Decision Making, and Communication*. Global Engineering. Hoboken: Taylor and Francis.
- Andersen, B., Kvalheim, E. V., Volden, G. H. & Concept, p. (2016). *Prosjektmodeller og prosjekteierstyring i statlige virksomheter*. Concept rapport (trykt utg.), b. nr. 50. Trondheim: Ex ante akademisk forl. Concept-programmet.
- Ballard, G. (2000a). *The last planner system of production control*. Faculty of Engineering: The University of Birmingham.
- Ballard, G. (2000b). *Positive vs negative iteration in design*. Proceedings Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-6, Brighton, UK. 17-19 s.
- Ballard, G., Hammond, J. & Nickerson, R. (2009). *Production planning control principles*: IGLC. BIMForum. (2016). *Level of Development Specification*. bimforum.org. Upublisert manuskript.
- Blumberg, B., Cooper, D. R. & Schindler, P. S. (2011). *Business research methods*. 3rd European ed. utg. London: McGraw-Hill Higher Education.
- Bradley, A., Li, H., Lark, R. & Dunn, S. (2016). BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. *Automation in Construction*, 71, Part 2: 139-152.
- Bryde, D., Broquetas, M. & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31 (7): 971-980.
- buildingsmart.no. (2017a). *Bs-norge*. Tilgjengeleg frå: <http://buildingsmart.no/bs-norge>.
- buildingsmart.no. (2017b). *Hva er åpenBIM*. buildingsmart.no. Tilgjengeleg frå: (<http://buildingsmart.no/hva-er-apenbim>).
- BuildingSmartNorge. (2017). *LoD i norsk byggebransje og europeisk standardiseringsarbeid*: Sigve Pettersen.
- Burud, J.-P. (2014). *4 store fordeler med BIM for byggherrer, byggeiere, entreprenører og konsulenter*. <http://www.caverion.no/>. Tilgjengeleg frå: <http://www.caverion.no/blogg-media-events/c-blogg/cblogg/2014/09/30/4-store-fordeler-med-bim-for-byggherrer-byggeiere-entrepren%C3%B8rer-og-konsulenter>.
- Busch, T. (2014). *Akademisk skriving for bachelor og masterstudenter*. 49-57 s.
- Bygg21.no. (2015). *Bruk av "neste steg"*. Tilgjengeleg frå: <http://www.bygg21.no/no/artikler/nyheter/sammendrag---neste-steg/neste-steg---generell-oversikt/bruk-av-neste-steg/> (lest 18.05.2017).
- Bølviken, T., Gullbrekken, B. & Nyseth, K. (2010). Collaborative Design Management. *Proceedings IGLC, Technion, Haifa, Israel*.
- Bølviken, T. (2014). *Management of the Construction Process from the perspective of Veidekke*. AS, D. a. V. E. (red.).
- Cheng, J. C. P., Lu, Q. & Deng, Y. (2016). Analytical review and evaluation of civil information modeling. *Automation in Construction*, 67: 31-47.
- Dahlum, S. (2013). Validitet.
- Dahlum, S. (2014). *Deltagende observasjon*. snl.no. Tilgjengeleg frå: [https://snl.no/deltakende\\_observasjon](https://snl.no/deltakende_observasjon).
- Dammerud, H. S. (2015). *Integrert metodikk for prosjekteringsledelse*. <http://www.prosjektnorge.no/>. Tilgjengeleg frå: <http://www.prosjektnorge.no/index.php?pageld=791>.
- Designbuildings.uk. (2015). *Building element*. [www.designingbuildings.co.uk](http://www.designingbuildings.co.uk). Tilgjengeleg frå: [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building\\_element](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building_element).

- Drevland, F. (2016). *Historien bak Lean Construction*. frodedrevland.no/.
- Drucker, P. F. (2008). *Management*. Rev. ed. utg. New York: Collins.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). *BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2nd ed. utg. BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken: Wiley.
- Eikeland, P. (2016). Teoretisk analyse av byggeprosjekter. *Samspillet i Byggeprosessen*. SiB - 1998.
- El. Reifi, M. H. & Emmitt, S. (2013). Perceptions of lean design management. *Architectural Engineering and Design Management*, 9 (3): 195-208.
- Flyvbjerg, B. (2006). Five misunderstandings about case-study research. *Qual. Inq.*, 12 (2): 219-245.
- Fosse, R. & Ballard, G. (2016). Lean design management in practice with the last planner system. *Proceedings IGLC, Boston, USA*.
- Haanæs, S., Holte, E. & Larsen, S. V. (2010). *Beslutningsunderlag og beslutninger i store statlige investeringsprosjekt: Concept-programmet*.
- Harstad, E., Lædre, O., Svalestuen, F. & Skhmot, N. How tablets can improve communication in construction projects.
- Hooper, M. (2015). Automated model progression scheduling using level of development. *Construction Innovation*, 15 (4): 428-448.
- Howell, I. (2016). The value information has on decision-making. *New Hampshire Business Review*, 38 (19): 20.
- journals.elsevier.com. (2016). *Automation in Construction*. Tilgjengeleg frå: <http://www.journals.elsevier.com/automation-in-construction/>.
- Kim, J. I., Kim, J., Fischer, M. & Orr, R. (2015). BIM-based decision-support method for master planning of sustainable large-scale developments. *Automation in Construction*, 58: 95-108.
- Knotten, V. (2015). *Involverende Planlegging i Prosjektering - Lean i prosjektering*. AS, V. E. (red.).
- Knotten, V., Svalestuen, F., Hansen, G. K. & Lædre, O. (2015). Design Management in the Building Process - A Review of Current Literature. *Procedia Economics and Finance*, 21: 120-127.
- Knotten, V., Svalestuen, F., Lædre, O., Lohne, J. & Hansen, G. K. (2016). Design Management – Learning across trades. *Proceedings of the CIB World Building Congress 2016*: 598-609.
- Knutsen, E., Drevland, F. O. & Barreth, M. (2014). *BIM-Koordinering*. BIM Coordination: Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Koskela, L., Ballard, G. & Tanhuanpää, V.-P. (1997). Towards Lean Design Management. *IGLC-5 proceedings*.
- Linkedin. (2016). *Alex Bradley*. Tilgjengeleg frå: <https://uk.linkedin.com/in/alex-bradley-62581291>.
- Lohne, J. (2016). *Litteratursøkerkurs* (19.09.2016).
- Love, P., Irani, Z. & Edwards, D. (2003). Learning to reduce rework in projects: Analysis of firm's organizational learning and quality practices. *Project Management Journal*, 34 (3): 13-25.
- Lædre, O. (2009). *Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter*. Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Marøy, M., Rolstadås, A., Kilde, H., Prosjektstyring, å. & Norsk senter for, p. (1997). *Prosjekterminologi*. Trondheim: PS 2000, NTNU.
- Medina, E. V. L. A. (2016). Governing value creation in construction project: a new model. *International Journal of Managing Projects in Business 2014 ;Volum 7*.
- Meland, Ø. H. (2000). *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko: Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Fakultet For Ingeniørvitenskap Og Teknologi*.
- MTHoeygaard. (2015). *Bygningsdelkatalog med informasjonsnivåer (LOD)*. Upublisert manuskript.
- Murvold, V. & Vestermo, A. (2016). *Experiences From the Use of BIM-Stations*, Paper presented at the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, USA.
- Nowak, P., Książek, M., Draps, M. & Zawistowski, J. (2016). Decision Making with Use of Building Information Modeling. *Procedia Engineering*, 153: 519-526.
- Olsson, N. (2014). *Praktisk rapportskrivning*. Fagbokforlaget.

- rambøll.no. (2016). *BIM, 3D-MODELLERING OG 3D-VISUALISERING*. Tilgjengeleg frå: <http://www.ramboll.no/tjenester/bygg-og-arkitektur/ovrige-spesialisttjenester/bim-3d>.
- Samset, K. (2007). *Kvalitativ versus kvantitativ informasjon*. Concept rapport Nr 17.
- Svalestuen, F., Frøystad, K., Drevland, F., Ahmad, S., Lohne, J. & Lædre, O. (2015). Key elements to an effective building design team. *Procedia Computer Science*, 64: 838-843.
- Thagaard, T. (2013). Systematikk og innlevelse. 49-122.
- Tønnessen, S. (2016). *Reliabilitet*. snl.no.
- Venås, M. (2011). *Involverende Planlegging og Virtual Design and Construction: Utformingen av et samlet konsept*: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Vico. (2012). *Model Progression Specification*. Vico Software: [www.vicosoftware.com](http://www.vicosoftware.com). Tilgjengeleg frå: <http://www.vicosoftware.com/model-progression-specification> (lest 20.02.2017).
- Viko.no. (2010). *Kildekritikk*. Tilgjengeleg frå: <http://www.ntnu.no/viko/kildekritikk>.
- Weber, R. P. (1990). *Basic content analysis*. 2nd ed. utg. Quantitative applications in the social sciences, b. 49. Newbury Park: Sage.
- Wikipedia. (2016). *Bygningsinformasjonsmodellering*.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation*. Rev. and updated [ed.]. utg. New York: Free Press.
- Wondimu, P. A., Hosseini, A., Lohne, J., Hailemichael, E. & Lædre, O. (2016, 2016/07/20). *Early Contractor Involvement in Public Infrastructure Projects*. 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, USA.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research : design and methods*. 4th ed. utg. Applied social research methods series, b. vol. 5. Thousand Oaks, Calif: Sage.
- Zanni, M.-A., Soetanto, R. & Ruikar, K. (2014). Defining the sustainable building design process: methods for BIM execution planning in the UK. *International Journal of Energy Sector Management*, 8 (4): 562-562.
- Østby-Denglum, E., Svalestuen, F. & Drevland, F. (2013). *Prosjekteringsledelse - teoretisk grunnlag*: NTNU.

## Del 2 – Akseptert akademisk artikkel



Creative Construction Conference 2017, CCC 2017, 19-22 June 2017, Primosten, Croatia

## Use of LoD decision plan in BIM-projects

Iver Grytting<sup>a,\*</sup>, Fredrik Svalestuen<sup>a,d</sup>, Jardar Lohne<sup>a</sup>, Håvard Sommerseth<sup>b</sup>, Siri Augdal<sup>c</sup>,  
Ola Lædre<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Norwegian University of Science and Technology (NTNU) 7491 Trondheim, Norway

<sup>b</sup>Statsbygg (Norwegian Directorate of Public Construction and Property), 0155 Oslo, Norway

<sup>c</sup>COWI AS, 7052 Trondheim, Norway

<sup>d</sup>Veidekke ASA, 0155 Oslo, Norway

---

### Abstract

Building Information Modelling (BIM) is new to many companies, and the implementation is consequently challenging. Challenges include unstructured processes that often leads to time and cost overruns. This study assesses how the creative design processes can be scheduled in projects using BIM tools. More specifically, it seeks methods that assures a proper schedule by decision planning. One of the decision tools studied uses the theoretical concept of Level of Development (LoD) to structure design processes.

This paper is based upon a literature review followed by four case studies. The cases, which are all using BIM, are studied through interviews and document studies of execution plans, decision plans and BIM-manuals. Three general interviews and twelve semi-structured interviews were conducted with key personnel from owners, contractors and consultants.

The study reveals that decision plans are seldom used in the design process and decisions about design elements are seldom formally locked during the process. This demands much from the design manager who has to point out the critical path to assure keeping schedule. It also reveals that several models are delivered with a higher or lower LoD-level than necessary. This can lead to a high number of change orders.

The paper concludes with a conceptual model of a LoD decision plan. Furthermore, the findings show that such a LoD decision plan can help owners, designers and contractors to communicate decisions in a timely manner and control the design process. In the long run, the conceptual model facilitates for knowledge transfer from one project to another.

It is not common to use LoD decision plan in Norwegian BIM-projects. This conceptual model can be of use for companies who want better control over their BIM design processes.

© 2017 The Authors. Published by Elsevier Ltd.

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the Creative Construction Conference 2017.

*Keywords:* Decision plan; creative design; design process; BIM; design planning; LoD

---



\* Corresponding author. Tel.: +47 99265242.  
E-mail address: ivergrytting@gmail.com

## 1. Introduction

Decisions is a vital part of the building process. Simplified, the success of a building project can be seen as the result of all decisions made throughout the building process [9,14]. Control of decisions is fundamental to ensure project success [21]. A common comprehension is that the overall performance of the Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry is poor compared with other industries [14,16,20,22]. Projects will underperform if decisions are made at the wrong time [14]. The design process has a major improvement potential [10]. The early phases in design are characterized by a high level of uncertainty that forces designers to act creatively in order to first widen, then restrain the room of manoeuvre [16]. Structuring creative design processes is a central aspect in design management to improve productivity [11]. Building Information Models (BIM) are widely adopted in design processes as the centre of information flow [5]. Furthermore, it is a good tool for visualization, helping increase the understanding between trades and speed up the decision process [12,17]. The structure of a BIM is built up by several main components denoted as building elements [8]. Essential questions to be answered before starting design management of BIM-projects are; **which building elements**, from **which trades**, should be developed **at what time** and at **what level** [13]?

As a result of the chaotic iterative nature of creative design, structuring decisions is challenging [2]. Level of Development (LoD) is discussed as a possible solution on this problem, as it can improve communication between actors [13]. With a shared BIM-model capable of showing information like 4D and 5D, the communication between designers and construction practitioners will be increased [24]. Furthermore, such a transparent information flow is vital for an efficient project team, as it fosters trust between participants [26].

To the authors knowledge, not much research seems to have been carried out specifically on LoD decision plans in the creative building design process. However, some authors describe specific elements of this process [11,17]. The authors find limited descriptions of practice on how decision plans are used in BIM-project cases. However, literature discuss a need for new streamlined project models that fits with BIM-workflows, rather than using BIM in traditional models [31]. To provide practice from creative design processes, the following research questions are being addressed in this pilot study:

*RQ1.* How are decisions planned in the design process today?

*RQ2.* What are the main challenges in planning of decisions in the design process?

*RQ3.* What initiatives can be taken to improve planning of decisions in the design process?

## 2. Research method

The research was initiated by a literature review based on key words such as design, decision management, decision plan, execution plan, LoD and BIM. The search engines used were google Scholar and Oria (Norwegian University library search engine). This was based on methodology described in Blumberg, et al. [4].

A multiple case study approach following the prescriptions of Yin [30] was chosen. Four cases were examined, one infrastructure project and three building projects. The cases, presented in Table 1, were chosen to assess patterns in BIM-projects with different cost and contracts at different phases. Three of the cases were chosen to be building projects, since BIM-technology is most incorporated here [7].

The cases were studied through twelve semi-structured, in-depth and case specific interviews with owners, designers and contractors working on each project-case. The interviewees were chosen to provide insights from different perspectives [30]. In addition to the twelve case specific, three general interviews with experienced actors were conducted to compare case results with general experiences in the industry. All interviews lasted between 60 and 90 minutes, and were carried out with an interview guide structured from the research questions. The interviews were recorded, transcribed and summarized.

Execution plans, decisions plans and BIM-manuals were studied from all the four cases to supplement the interviews [28]. These documents were provided by the interviewees following the interviews. In addition, the BIM model from some cases were opened for analysis.

Table 1. Case studies

Project name	Interviews (number)	Cost (MNOK)	Scope	Contract	Phase (10.02.17)
Airport Junction	2	141	350-meter bridge across E6 and E16 with junctions	Design Built	In use
Grimelundsveien	3	1 200	Twenty luxury apartments	Design Built	Detailed designing
Bispevika	3	Unknown	1300 expensive apartments	Design bid build	Concept development
KHiB (Bergen Faculty of Fine Art and Music)	5	1 086	New Bergen Academy of Art and Design (14 800 sqm). Lean-project	Design bid build	Handover

### 3. Theoretical background

#### 3.1. *The creative design process*

The design process is known as an iterative reciprocal process, which means that tasks are repeated. The reciprocal design process differs from the production process, which is inherently sequential [16]. Iterations in creative processes are often positive while they in production typically generate waste [2]. Iterations in creative processes can also generate waste. They are then seen as negative iterations [2]. Ballard [2] presents numbers from design teams estimating as much as 50% of the design time is spent on negative iterations. He concludes with the following points on how to reduce the waste: 1) Restructure the design process, 2) Reorganize the design process, 3) Change how the design process is managed and 4) Overdesign when all else fails.

Design management can be seen as managing people and information [16]. In construction projects, there are many different trades to manage (architects, structural engineers, electrical engineers, road planners etc.). In a project with BIM-workflow, the trades provide all information about building elements in the BIM [8]. According to Kunz and Fischer [19], using a method called Integrated Concurrent Engineering (ICE), where all design trades are co-located to solve iterative problems, is more efficient than more traditional methods.

Knotten, et al. [17] highlight that the AEC industry has learning potential from the Offshore Construction (OC) industry in executing BIM design. To illustrate, OC controls the iterative process with maturity levels on BIM, focusing on specific elements in the model and terminating the creative process when the element has reached a certain maturity level (level of development). Furthermore, OC stops the creative process a certain time before the deadline for delivering drawings, so that the design has time to mature [17]. In the AEC industry, the creative reciprocal processes typically continue all the way to the deadline. This is inefficient, since the different trades base their work on others' decisions about building elements [17].

#### 3.2. *Planning structure in the design process*

Building projects can be structured in both processes and phases. The phases can be seen as a formally planned division of a project or generic phases describing general characteristics. The transition between two phases requires a certain amount of documentation/information as a base for a decision whether to proceed or not [9]. Phases are thus separated by decision gates. Processes are series of activities that has contributed to the project in a specific way. The biggest difference between the two project structures is that the processes can go parallel, phases normally do not. [9,15] Since there are many different ways of dividing project into phases, the paper uses the general standardized Norwegian norm called "Next step", showed in Fig. 1 [15]. This is based on RIBA [25] standard "Plan of work".

Step	1	2	3	4	5	6	7	8
	Strategic definition	Brief development	Concept development	Detailed designing	Production	Handover	In use	Termination

Fig. 1. Framework called “Next step” [15]

Koskela, et al. [18] have explained how the design traditionally is planned and executed. It is based on a Master schedule for when the different designers should have their drawings ready. This is called a *Drawing Delivery Plan (DDP)*. The project managers make this plan based on the Critical Path Method (CPM), and is based on experience and input from execution plan to the production phase. With just a DDP the actual planning of the length of design activities is the designer’s responsibility [18]. This study was carried out to see if a system called Last Planner System™ (LPS) could be implemented in the design process [1]. LPS is a method developed in the Lean Construction community to better plan and manage the production phase of a building project. The conclusion was positive to implementation, but pointed out the clear differences between design phases and production phases in the iterative nature of design. A design phase carried out with an hierarchic or sequential structure like the production phase would not be value adding [2]. Bølviken, et al. [6] follows up with a research on implementation with some suggested changes. One of them is the need for a decision plan in design. Westgaard, et al. [29] maintain that early decisions are important because of the cost of chance is still low. The other design plans that Bølviken, et al. [6] presents is Phase schedule, Lookahead Schedule, Two Weeks Work Plan and Crew Plan. Master schedule and phase schedule are two plans in production connected to the phase schedule.

### 3.3. Decision point - Level of Development

LoD is a theoretical concept to support model development. The idea is that you attach a LoD status attribute to objects in conjunction with standardized reusable checklists. Thus you can, with increased certainty, guarantee a certain quality of information at a given point [13]. The concept of LoD was pioneered by Vico and Weber [27] in 2005 together with a model progression specification (MPS) and possible application. After this, many versions of the concept, with add-ons, emerged around the world [7,13]. The latest and known for being one of the most important is the *Information Model Protocol Form* with basic LoD-definitions and standardized Responsibility Matrix [13]. The other important one is the *Level of Development Specification* that attempts to clarify what the designers may mean about the different building elements [3]. The Danish company MTHøygård displays examples of what the different levels can typically have of information [23].

LoD differs between geometry and properties. A model can be well developed through geometry without having much information concerning the properties of the model. In such a case, the model has a low level of properties and high level of geometry [3].

The different versions around the world are dividing the levels in different ways. BIMForum [3] uses these definitions (here summarized):

- LoD100: Approximately information, often generic representation. Seldom geometry.
- LoD200: Approximately geometry as a system or element with size, form and location.
- LoD300: Element represented as a specific system or object with size, form, location and amount.
- LoD350: As 300, including interface with other building elements. Example: *Assembly plate between columns and foundation*
- LoD400: The element is modelled sufficient to exact production as bases for fabrication.
- LoD500: The element gives an exact picture of the real element. As built.

Hooper [13] argues that it is most useful to integrate the LoD-concept in a BIM-like workflow. Furthermore, it can facilitate for rich reuse of an efficient model progression in a learning process.

LoD levels are not defined by the different design phases. Instead, the design completion (milestone or other deliverable) can be defined through LoD-language. The reasons for this approach is twofold. First, there are no standards for design phases since projects and companies has different approaches. Second, the building process progress differs from one building element to the other and to finish one building element, information from another is needed. Consequently, the LoD-levels and the phases of the building process does not necessarily correlate. [3]

The theoretical concept of LoD is described in the literature as beneficial to information production and exchange. The literature review conducted reveals a research gap in the study of the actual use in cases [13]. This is where the paper comes in to contribute to the current body of knowledge – by collecting information about the situation, challenges and initiatives for improving planning of decisions through cases of Norwegian practice.

## 4. Findings

### 4.1. RQ1: How are decisions in design planned today?

It seems like the design process is planned for an inherently sequential process, and not an iterative reciprocal process.

All the projects examined have one or more execution plans (master schedule) made like traditional Gantt-charts. The owner or contractor normally makes this plan with milestones between phases. The design progression is normally based on these decision gates used in each project. The idea is to lock the building elements in the model according to each phase. However, not everyone marks the decision gates and even if they do it, they seldom formally lock the building elements on the model according to the phases. Consequently, the iterative process is never controlled, opening for continuous changes in the whole building process.

All the projects have a design plan made by the design manager that in most cases is a result of a collaborative process with all the design trades (architect, engineers, etc.). In the early phases, like brief- and concept development, the plan shows the information needed to take a decision. In the detailed design phase, this is mostly a drawing delivery plan (DDP), showing when each drawing should be finished and ready for production. Each drawing can be seen as a decision for when parts of the design is ready for production. Before these decisions, each trade work in their own BIM-model, adding details and information based on information from other trades. Normally, the model is transferred to a common model that contains all the trades each week. A clash detection of the common model ensures that conflicts between elements is addressed.

Interestingly most of the cases do not have separate decision plans for when different building elements should be delivered. However, the decisions are in some cases shown on the master schedule or as a DDP in the design phase.

In the development of the BIM-models in all cases examined, few had detailed plans for which level of geometry and information the different trades were supposed to reach in relation to other trades. The overview of the process has been made by the project managers or BIM-coordinator in the project. The cases have had design meetings every 14<sup>th</sup> day except from KHiB that had co-located three days meeting every second week in the design process (ICE-meetings). Clash detection between trades has in great extent been solved through these meetings. The model has been uploaded to a cloud solution every Friday in the cases where different BIM software has been used.

KHiB is a Lean-project and differs from the other cases because a Takt Plan from the production phase structures it. This is a location-based production plan, showing when different trades will work in different areas on the construction site. Designers were here responsible for collecting the information they needed to make a delivery. No decision plan was identified, but they use an Action plan which is a list of problems concerning details in the model. A total amount of 4000 issues has been solved in this plan throughout the project.

### 4.2. RQ2: What are the main challenges in planning of decisions in design?

The planning of decisions in design can be entailed by different challenges. Informants point out that a main challenge is lack of decision and decision plan. Consequently, it creates dependency of an experienced design manager. Table 2 summarizes the reoccurring challenges and are structured after the three themes that is presented in theoretical background.

Table 2. Challenges (structured in themes) in planning of decisions in design. Identified by informants in case study.

Theme	Challenge	Quote
Creative design processes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bad collaboration because designers sits at different locations.</li> <li>• Negative iterations (wasted redesign). Redesign because of designer's lack of knowledge of buildability and/or late involvement of contractors.</li> </ul>	<p>“A two-minutes phone call may solve the same problem written in ten mails, that takes more than two minutes writing” - Design manager</p> <p>“Many designers have not seen the production” - Owner</p> <p>“No one like doing the same thing twice” - Design manager</p> <p>“Design cost has been expensive” - Owners and Contractors</p>
Planning structure in design	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Late or no decisions makes it difficult to keep schedule.</li> <li>• Different interpretation of terminologies between trades.</li> <li>• Plans are made without designer's participation</li> <li>• Lack of transparent plan. Plan is in the head of the design manager.</li> </ul>	<p>“Low assurance on design success.” - Design manager</p> <p>“Actors use different phase-norms” - Owner</p> <p>“Lack of ownership in plan results in it not being used” - Contractor</p> <p>“Lack of knowledge transfer in and between projects” - Design manager</p>
Decision point - Level of development	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of communication between trades when detailing the design. Resulting in wrong detail level on a lot of building elements.</li> <li>• Developing models to wrong levels. Resulting in redesign (negative iterations).</li> <li>• Different trades deliberately postpone their deliveries in order to avoid redesign (time waste).</li> <li>• Lack of trust in the model because some building elements are temporary placement for the final element without being marked as temporary.</li> <li>• Lack of initiatives in keeping schedule. Designers are paid for overtime, contractors are not.</li> </ul>	<p>“Difficult to communicate between actors exactly what level a building element should reach at a certain time” - Design manager</p> <p>“Time is often wasted in design because models are developed too far or too short” - Design manager</p> <p>“Do not want to start before knowing for sure that it is my turn to model” - Designer</p> <p>“I always check the drawings and ask the designers if the model is correct” - Design manager</p> <p>“Designers get payed from contractor for being inefficient, and need to be controlled” - Contractor</p>

#### 4.3. RQ3: What initiatives can be taken to improve planning of decisions in the design process?

Informants express that models could be locked earlier than it was locked in some of the cases. One way of doing this is to formally lock building element with a decision plan. I.e. when decisions on a specific elevator is taken the model of that and the model of correlating elements to the elevator should be locked so no more changes can be made on these elements.

Many of the informants suggest using ICE-meetings or more frequently design meetings, as this is where most important decisions are made concerning building details that touch different trades. This avoids spending time in writing e-mails or difficult phone calls with different design teams in different companies at the same project.

Another suggested solution is to make a good plan of the design process based on the Critical Path Method. This plan must be made in cooperation with the design members to give them ownership in the plan. It should show how far the different trades have to develop their model in relation to other trades. This illustrates the consequences of not delivering information to the model (can lead to trades waiting). Consequently, helping managers to communicate and transfer knowledge from one project to another. It can also decrease dependency of the good design managers. I.e. if the manager get ill, the plan will still be active as it is a product of a collaborative process.

Other suggested solutions that may contribute to easier decision planning for managers are digital cloud solutions, same BIM software (avoid losing information when converting to IFC) and clear specs from early phases.

### 5. Discussion and conclusion

*RQ1: How are decisions in design planned today?*

It does not seem like current practice include plans for iterations in the design process before decisions about model development are made. Hence, the design team may miss iterations in the creative process that could possibly give extra value.

The findings show a lack of a separate decision plans in most of the cases examined. However, the decisions are controlled by using other plans like master schedule, design schedule and action plan. According to Bølviken, et al. [6] a decision plan is vital for the process and as Eikeland [9] points out, the result of the building process can be seen as a result of all decisions made throughout the construction process. Therefore, a decision plan seems vital to increase the probability of achieving success in the project.

*RQ2: What are the main challenges in planning of decisions in design?*

The research presented in this paper reveals that **lack of decision** is the main challenge in the design process. A reason for this could be the **lack of a decision plan**. By not planning decisions concerning model development, companies get **dependent of good design managers** in order to achieve project success. Hence, this lack can be seen as contribution to the poor productivity in the AEC industry. Reoccurring challenges found through the case study (related to the main challenge), are presented in Table 2.

*RQ3: What initiatives can be taken to improve planning of decisions in the design process?*

BIM-workflow opens for new ways of working. Learning from other industries that uses BIM, like the OC industry, can potentially improve the productivity in the AEC industry. One approach for obtaining this, is using early locking of details throughout the process. This is done in order to narrow down complexity. Using BIM decision plan can help owners to control the decision process, enhance the understanding of the designed product and make decisions with reduced risk for changes.

The theoretical concept of Level of Development may contribute to structure planning of decisions. The delivery matrixes that earlier are presented in literature are detailed and not very visual. Therefore, an early conceptual model of a decision plan is proposed in Fig. 3, based on the pilot study.

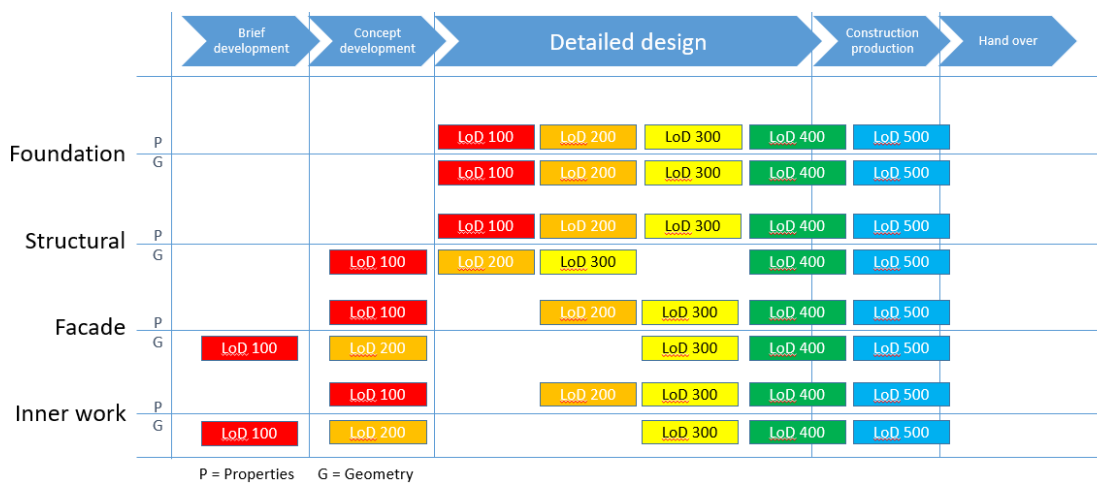


Fig. 3. Conceptual model of a LoD decision plan.

The proposed LoD decision plan (illustrated in Fig. 3) has phases at the x-axis and the main BIM-elements at the y-axis. The line from each delivery is meant to illustrate the model progression. The LoD levels above the line describe

the level of properties and below the line the level of geometry. The design activity is executed in the time length of the squares ending with delivery deadlines (decision gates). The color of each square illustrates the LoD-level of each element. It should be marked with the same color in a common BIM-model, serving as illustrative planning tool.

The plan is a conceptual model and illustrates how the process can be structured with LoD. To use this in a project, managers must adjust the plan according to specific deliveries and phases in the project.

The proposed model of an LoD decision plan may contribute to solve the problem with lack of appropriate phase structure (and the underlying challenges) in the creative and jet chaotic nature of design.

Since the LOD-language is not fully developed and tested, further research is needed on exactly how this can be implemented as part of a decision plan on BIM-projects. In the future, the experiences from the Norwegian context should be compared to international experiences.

## References

- [1] G. Ballard, The last planner system of production control, The University of Birmingham, 2000.
- [2] G. Ballard, Positive vs negative iteration in design, Proceedings Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-6, Brighton, UK, 2000, pp. 17-19.
- [3] BIMForum, Level of Development Specification, bimforum.org, 2016.
- [4] B. Blumberg, D.R. Cooper, P.S. Schindler, Business research methods, 3rd European ed. ed., McGraw-Hill Higher Education, London, 2011.
- [5] D. Bryde, M. Broquetas, J.M. Volm, The project benefits of Building Information Modelling (BIM), *International Journal of Project Management* 31 (7) (2013) 971-980.
- [6] T. Bølviken, B. Gullbrekken, K. Nyseth, Collaborative Design Management, Proceedings IGLC, Technion, Haifa, Israel (2010).
- [7] J.C.P. Cheng, Q. Lu, Y. Deng, Analytical review and evaluation of civil information modeling, *Automation in Construction* 67 (2016) 31-47.
- [8] Designbuildings.uk, Building element, www.designingbuildings.co.uk, 2015.
- [9] P. Eikeland, Teoretisk analyse av byggeprosjekter, *Samspillet i Byggeprosessen*, SiB - 1998, 2016.
- [10] M.H. El. Reifi, S. Emmitt, Perceptions of lean design management, *Architectural Engineering and Design Management* 9 (3) (2013) 195-208.
- [11] R. Fosse, G. Ballard, Lean design management in practice with the last planner system, Proceedings IGLC, Boston, USA (2016).
- [12] E. Harstad, O. Lædre, F. Svalestuen, N. Skhmtot, How tablets can improve communication in construction projects.
- [13] M. Hooper, Automated model progression scheduling using level of development, *Construction Innovation* 15 (4) (2015) 428-448.
- [14] I. Howell, The value information has on decision-making, *New Hampshire Business Review* 38 (19) (2016) 20.
- [15] V. Knotten, A. Hosseini, O.J. Klakegg, "Next Step": A New Systematic Approach to Plan and Execute AEC Projects, Proceedings of the CIB World Building Congress 2016 (2016) 484 - 495.
- [16] V. Knotten, F. Svalestuen, G.K. Hansen, O. Lædre, Design Management in the Building Process - A Review of Current Literature, *Procedia Economics and Finance* 21 (2015) 120-127.
- [17] V. Knotten, F. Svalestuen, O. Lædre, J. Lohne, G.K. Hansen, Design Management – Learning across trades, Proceedings of the CIB World Building Congress 2016 (2016) 598-609.
- [18] L. Koskela, G. Ballard, V.-P. Tanhuanpää, Towards Lean Design Management, IGLC-5 proceedings (1997).
- [19] J. Kunz, M. Fischer, Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University (2009).
- [20] P. Love, Z. Irani, D. Edwards, Learning to reduce rework in projects: Analysis of firm's organizational learning and quality practices, *Project Management Journal* 34 (3) (2003) 13-25.
- [21] E.V.L.A. Medina, Governing value creation in construction project: a new model, *International Journal of Managing Projects in Business* 2014 ;Volum 7. (2016).
- [22] Ø.H. Meland, Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Fakultet For Ingeniørvitenskap Og Teknologi, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, 2000.
- [23] MTHoeygaard, Bygningsdelkatalog med informasjonsnivåer (LOD), 2015.
- [24] V. Murvold, A. Vestermo, Experiences From the Use of BIM-Stations, Paper presented at the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, USA., 2016.
- [25] RIBA, RIBA Plan of Work 2013, www.pedr.co.uk, <https://www.pedr.co.uk/Guide/StudentRIBAPlan>, 2013.
- [26] F. Svalestuen, K. Frøystad, F. Drevland, S. Ahmad, J. Lohne, O. Lædre, Key elements to an effective building design team, *Procedia Computer Science* 64 (2015) 838-843.
- [27] Vico, Model Progression Specification, www.vicosoftware.com, Vico Software, 2012.
- [28] R.P. Weber, Basic Content Analysis, (1990).
- [29] H. Westgaard, K. Arge, K. Moe, N. Arkitektbedriftene i, Byggekostnadsprogrammet, Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse : rapport til Byggekostnadsprogrammet, januar 2010, Oslo, 2010.
- [30] R.K. Yin, Case study research : design and methods, 4th ed. ed., Sage, Thousand Oaks, Calif, 2009.
- [31] M.-A. Zanni, R. Soetanto, K. Ruikar, Defining the sustainable building design process: methods for BIM execution planning in the UK, *International Journal of Energy Sector Management* 8 (4) (2014) 562-562.





## Del 3 – Vedlegg

## Generell intervjuguide

Varighet: 60-90 min

Intervjuguiden skal brukes til samle inn informasjon fra case. Den er beregnet på byggherre, prosjekterende og entreprenør.

### Introduksjon (ca. 5 min)

- **Meg:** 5. års masterstudent ved NTNU. Ble introdusert for temaet i masteroppgaven gjennom sommerjobbprosjekt om BIM i Cowi i sommer og deltidsjobb på høsten. Oppgaven skrives med veiledere på NTNU. Samarbeidspartnere er spesielt Statsbygg, COWI og Vedal i tillegg til et forskningsprosjekt kalt Integreert metodikk for prosjekteringsledelse (IMPRO).
- **Forsknings spørsmål:**
  1. Hvordan planlegges beslutninger av bygningsselement i prosjektering?
  2. Hvordan fungerer planleggingen av beslutningene av bygningsselement i prosjektering?
  3. Hvordan bør man planlegge beslutninger av bygningsselement i prosjektering?
- **Bakgrunnen for oppgaven:** BIM kommer inn i økende grad i byggebransjen, men implementeringen er ineffektiv. Det sløses bort mye tid på grunn av utfordrende styring og oppfølging av utviklingen av bygningsselementene i BIM-modellen. Dette kommer av at prosjektering av BIM er en iterativ prosess med mindre klare beslutningspunkt enn i tradisjonell prosjektering. For å løse denne utfordringen er det nylig introdusert et språk som er kalt Level of Development (LoD, norsk: utviklingsgrad/modenhet). Språket er under utvikling og er lite utprøvd. Skeptikere er kritisk til tidsbruken i utviklingen av enda en plan. Andre forskere mener det er løsningen på mange av utfordringene med BIM-implementering.
- **Formål med oppgaven:** På grunnlag av dagens praksis teste ut hvordan en beslutningsplan med en forenklet bruk av LoD kan se ut på byggeprosjekter med ulik grad av BIM.
- **Formelt om intervjuet:**
  - For å gjengi best mulig det som blir sagt vil det bli gjort opptak. Er det i orden?
  - Transkribert intervju kan sendes i etterkant viss det er ønskelig.

### Overgangsspørsmål (5 min)

- Hva slags bakgrunn og erfaring har du med BIM?
- Hva er rollen din i prosjektet?
- Hva er rollen til bedriften din i prosjektet?
- Hva slags kontraktform er prosjektet?
- Hva brukes BIM til i prosjektet?

# Nøkkelspørsmål (40 min)

Tredelt struktur. En skal kartlegge dagens praksis, to skal vurdere praksisen og tre skal fokusere på hva som kan gjøres annerledes.

## 1. Kartlegging av dagens praksis

### 1.1 Prosjektmodell (Faser)

- Er prosjektet delt opp i faser?
  - Hvorfor?
- Er det laget og brukes det framdriftsplaner?
  - Hva brukes framdriftsplanene til?
  - Hvor detaljerte lages framdriftsplanene?
  - Blir framdriftsplanene fulgt?
- Lages det beslutningsplaner?
  - Hvorfor brukes det? / Hvorfor ikke?

### 1.2 Element i BIM (Fag og bygningselement)

- Hvilke fag er vanligvis med i byggeprosjekt?
  - Hva er de kritiske fagene, altså de som mange andre avhenger av?
- Hva er de viktigste bygningselementene i BIM-en?
  - Viss du skulle dele bygget inn i fire til ti deler, hvilke ville det vært?
- Er det noen bygningselement som avhenger spesielt av hverandre?

### 1.3 Overlapp (Bygningselement som prosjekteres samtidig)

- Hvilke prosesser overlapper hverandre? (altså prosjekteres parallelt)
  - Hvordan blir dette gjort når framdriftsplanen viser kun start og slutt på element (i GANT-dagram)?

### 1.4 Inndeling av utviklingsnivå (Beslutningspunkt)

- Hvor detaljert planlegges fremdriften av hvert bygningselement?
- Hvordan kommuniseres denne fremdriften og avhengigheten?
- Hvordan beskrives utviklingsnivåene? (Hvor langt man skal utvikle hver bygningselement i BIM-en)
- Hvem er det som beslutter detaljering?
- Hva er det som besluttes i prosjektet?
- Blir bygningselement formelt låst i løpet av prosjektet (Altså at en ikke kan forandre detaljen, senere i prosjektet)
  - Om det er noe som blir forandret, hvordan vet man hvilke konsekvenser endringen har for andre fag / bygningselement?
  - Når blir element låst?

## 2. Vurdering av dagens praksis

### 2.1 Prosjektmodell

- Hvordan fungerer faseinndelingen?
- Hvor godt fungerer framdriftsplanen?

- Er de passe detaljerte?
- Hvor godt fungerer beslutningsplanen?

## 2.2 Element i BIM

- Går det greit å planlegge framdriften med det antallet fag som er med?
- Hender det at prosjekteringen stopper opp fordi man må vente på kritiske fag?

## 2.3 Overlapp

- Er det utfordringer ved fag som prosjekteres parallelt? (altså prosjekteres parallelt)
  - Fungerer det når fremdriftsplanen viser kun start og slutt på bygningselement (GANT-dagram)?

## 2.4 Inndeling av utviklingsnivå

- Hvordan fungerer detaljeringsnivået på fremdriften som bygningselement planlegges på?
- I hvilken grad fungerer måten fremdriften kommuniseres på?
- Er det de riktige personene som beslutter detaljering?
- Hvordan fungerer måten bygningselement blir besluttet?

# 3. Forslag til forbedring av praksisen.

## 3.1 Prosjektmodell

- Hvordan kunne faseinndelingen hvert bedre?
  - Flere eller færre kontrollpunkt?
- Hvordan kunne framdriftsplanen blitt forbedret?
- Hvordan kunne gjort beslutningsplanen mer funksjonell?

## 3.2 Element i BIM

- Burde det planlegges med flere eller færre fag?
- Om man må vente på fag i prosjekteringen; Hvordan kan man unngå å måtte vente på fag i prosjekteringen?

## 3.3 Overlapp

- Hvordan kunne fag enklere prosjekteres parallelt?

## 3.4 Inndeling av utviklingsnivåene

- Hvordan kunne detaljeringsnivået på fremdriften planlegges annerledes?
- Kunne fremdriften kommuniseres annerledes?
- Kunne andre personer enn det det er i dag besluttet detaljering?
- Kunne bygningselement bli besluttet på en annen måte?

## 3.5 Samandrag / Forslag til beslutningsplan

- Hvordan kan du tenke deg at en beslutningsplan burde være?
  - Visuelt
  - Antall fag og bygningselement?




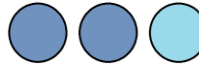

## Oppsummering (ca. 10 min)

- Oppsummere funn






- Har jeg forstått deg riktig?
- Er det noe du vil legge til
- Er det noe mer du vil snakke om?

## Vedlegg B – To døme på kjeldevurdering

Global Engineering : Design, Decision Making, and Communication

(Acosta et al., 2010)	
<b>Forfattarar:</b>	Acosta, Carlos Leon, V. Jorge Conrad, Charles R. Malave, Cesar O.
<b>Utgjevar:</b>	Taylor & Francis Group
<b>Publisert:</b>	2010
<b>Tal på sitringar:</b>	12
<b>Søkemotor brukt:</b>	Oria
<b>Type:</b>	Bok
<b>Handlar om:</b>	Korleis vi i vår globaliserte verd best mogleg kan designe, ta beslutningar og kommunisere som ingeniørar. Skrive av amerikanarar. Det er kapittel 3 som tek for seg beslutningstaking og er difor mest relevant.
<b>Kjeldevurdering:</b>	
<b>Truverdigheit</b> 	Forfattarane sine kvalifikasjonar er ikkje oppgjett. Ved søk på til dømes andre forfatter i scholar, Leon, ser ein at han har komme ut med ein heil del stoff i perioda 1992-2008. Det er oppgjett kontakinfo i starten av boka.
<b>Objektivitet</b> 	Innhaldet framstår objektivt, det er ikkje sett frå eit spesielt perspektiv frå ei bedrift, berre amerikansk perspektiv.
<b>Nøyaktigheit</b> 	Kjelda er 6 år gamal. Argumentasjonen er sakleg og konsis med støtte i referansar.
<b>Eignaheit</b> 	Kjelda dekkjer ein del av tematikken i oppgåva og kan dekkje noko informasjonsbehov. Teksta er berekna for studentar på akademisk nivå.
<b>Heilskapsvurdering:</b>	
	Kan brukast.

## BIM for infrastructure: An overall review an constructor perspective

(Bradley et al., 2016)	
<b>Forfattarar:</b>	Bradley, Alex Li, Haijiang Lark, Robert Dunn, Simon
<b>Utgjevar:</b>	Elsevier
<b>Publiseringdato:</b>	2016
<b>Tal på sitringar:</b>	9
<b>Type:</b>	Artikkel i tidskriftet Automation in Construction
<b>Handlar om:</b>	BIM sin status innanfor samferdselsektoren frå utførande sitt perspektiv og ser på korleis situasjonen er i dag med fokus på utføringsfasen. Artikkelen granskar utviklinga til BIM innanfor infrastruktur og identifiserer "reaseach gaps" og foreslår forbetringar for integrering og effektivisering av AECOO <sup>2</sup> -infrastrukturprosjekt, altså gjennom heile prosjektforløpet.
<b>Kjeldevurdering:</b>	
<b>Truverdigheit</b> 	Impact factor på 2,44 (journals.elsevier.com, 2016), Nivå 1 på NSD. Kontaktinformasjon til ein av forfattarane står oppgjeitt på framsida som høyrer til School of Engineering i Cardiff og står antaklegvis dermed for det som er skrive. Forfattaren Bradley har gjeitt ut fleire ting om BIM i 2014 og ansett som forskar ved universitetet i Cardiff(Linkedin, 2016). Teksta er utgjeitt av Elsevier som er verdas største forlag.
<b>Objektivitet</b> 	Artikkelen framstår som objektiv, balansert utan interessekonflikter. Forfattarane framstiller stoffet frå fleire sider med klar hensikt å informere, meir enn å overbevise. Forfattar ser på situasjonen i heile verda utan teikn til interessekonflikt eller forsøk på å selje noko.
<b>Nøyaktigheit</b> 	Kjelda er heilt fersk og informasjonen difor oppdatert. Det presenterast fakta frå eit breitt spekter av andre artiklar. Statestikk ofte brukt. Det er djupe internasjonale detaljar.
<b>Eignaheit</b> 	Kjelda er ein akademisk publikasjon som er godt eigna for akademisk arbeid skrive av folk med kunnskap på feltet. Kjelda er ikkje frå prosjekteringsperspetiv, men gir eit godt bilete over BIM sin plass.
<b>Heilskapsvurdering:</b> 	Ein veileigna artikkel å bruke til prosjektoppgåva

<sup>2</sup> AECOO - Architecture, Engineering, Construction, Owner and Operator