

Ida Hulbaklien Bakke

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige
universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg - og miljøteknikk

Ida Hulbaklien Bakke

Fremdriftsstyring med BIM i prosjekteringsfasen

Juni 2019

Fremdriftsstyring med BIM i prosjekteringsfasen

Ida Hulbaklien Bakke

Master i Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2019

Hovedveileder: Ole Jonny Klakegg, IBM

Medveileder: Øystein Mejlænder-Larsen, Multiconsult

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg - og miljøteknikk



Oppgavens tittel: Fremdriftsstyring med BIM i prosjekteringsfasen	Dato:		
	Antall sider (inkl. bilag): 122		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Ida Hulbaklien Bakke			
Faglærer/veileder: Ole Jonny Klakegg			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Øystein Mejlænder-Larsen (Multiconsult)			

<p>Ekstrakt:</p> <p>Denne masteroppgaven undersøker hvordan BIM kan forbedre fremdriftsstyring i detaljprosjekteringen. Det søkes svar på følgende forskningsspørsmål: (1) Hvordan har utvalgte caseprosjekter benyttet seg av BIM i fremdriftsstyring? (2) Hva er erfaringene fra å benytte BIM i fremdriftsstyring? (3) Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsstyring optimaliseres?</p> <p>For å besvare forskningsspørsmålene er det gjennomført et litteratursøk og casestudie av tre utvalgte prosjekter. Casestudien inkluderer ti intervjuer av nøkkelpersoner i fremdriftsstyringen av prosjektene, samt dokumentstudier av både generelle og prosjektspesifikke dokumenter.</p> <p>Studien viser at caseprosjektene styrer og følger opp fremdrift ved bruk av inntjent verdi med støtte fra fargekodete statuser i BIM-modellen. Statusene sier noe om modningsgraden til objektene i BIM-modellen i henhold til en ønsket prosess. Erfaringene viser at det er mulig å styre prosjekteringsforløpet på en måte som er mer i tråd med faktisk fremdrift gjennom de BIM-baserte verktøyene som er tilgjengelige. Bruk av statuser med fargekoder gjør BIM til et visuelt sterkt fremdriftsverktøy. Fargekodingen synliggjør problemområder og man kan raskt sortere ut det som ligger bak planlagt fremdrift. Bruk av status gir en styring av prosessen underveis og man vil kunne kvalitetssikre produksjonen tidlig i prosjektet. Bruk av status i BIM-modell i møter med kunden kan potensielt forhindre sene kundeinitierte endringer ved å øke forståelse rundt konsekvenser av endringer. Samtidig er det en utfordring at fagene jobber i forskjellige BIM-verktøy, noe som krever mye modelladministrasjon fra ledelsen. Lite erfaring og kompetanse kan også føre til lite eierskap til bruk av status. Ulik forståelse for statusnivå kan gjøre at disiplinene vegrer seg for å endre status.</p> <p>Masteroppgaven konkluderer med at bruk av status i BIM i stor grad kan forbedre fremdriftsstyringen i detaljprosjekteringen. Funnene viser at god planlegging, koordinering og kommunikasjon, gode rutiner, høy kompetanse og tett oppfølging av fag og aktører er forutsetninger for at bruk av BIM i fremdriftsstyring skal fungere optimalt.</p>

Stikkord:

1. Fremdriftsstyring
2. Fremdriftsrapportering
3. Prosjekteringsledelse
4. Modellmodenhet

Ida H. Bakke

(sign.)

Forord

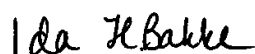
Masteroppgaven er skrevet i emnet *TBA4910 – Prosjektledelse, masteroppgave* ved institutt for bygg- og miljøteknikk våren 2019. Emnet utgjør 30 studiepoeng og er en videreføring av fordypningsprosjektet som ble skrevet høsten 2018. Utforming av oppgaven og innhenting av informasjon er gjort i samarbeid med Multiconsult.

Temaet for oppgaven er fremdriftsstyring i prosjektering. Oppgaven skal undersøke dagens praksis for fremdriftsstyring i prosjektering ved bruk av BIM, og se på hvordan dette kan optimaliseres. Det er gjennomført et litteraturstudie, dokumentstudier og intervjuer med relevante personer i prosjekteringsledelsen, samt sett på hvordan teori samsvarer med praksis.

Oppgaven er valgt på bakgrunn av at det finnes lite forskning innen fagfeltet og at det er mye forbedringspotensial på området. Det interessante fagfeltet og engasjement fra veileder og Multiconsult gjorde meg overbevist om at dette var et tema det var verdt å undersøke. Jeg har tro på at arbeidet vil ha en reell betydning.

Jeg ønsker å takke min veileder Ole Jonny Klakegg for gode tips, råd og diskusjoner rundt oppgaven. Takk til Multiconsult som har stilt med veileder, caseprosjekter, intervjuobjekter og kontorplass i Oslo. Jeg vil også takke Øystein Mejlænder-Larsen for faglige innspill og diskusjoner rundt tema, samt intervjuobjektene som stilte til intervju.

Oslo, 4.juni 2019.



Ida Hulbaklien Bakke

Sammendrag

Leveransene i byggebransjen blir mer digitale og modellbaserte. Likevel er arbeidsprosessene i bransjen ofte basert på tradisjonell prosjektering uten BIM. Dette gjelder også fremdriftsstyring. Tradisjonelt rapporteres fremdrift i prosjekteringen basert på estimer og subjektive vurderinger, og måles med utgangspunkt i produserte tegninger. I komplekse, tverrfaglige prosjekter er dette en tidkrevende prosess og kan redusere nøyaktigheten på fremdriften som rapporteres. BIM-modellering er en utviklingsprosess, og tegningene er det ferdige produktet. Det bør derfor brukes et verktøy for å måle kvalitet og fremdrift under hele utviklingen i prosjekteringen, og ikke måle dette utelukkende basert på produserte tegninger.

For å finne ut hvordan BIM kan forbedre fremdriftsstyring i detaljprosjekteringen søkes det svar på følgende forskningsspørsmål:

- *Hvordan har utvalgte caseprosjekter benyttet seg av BIM i fremdriftsstyring?*
- *Hva er erfaringene fra å benytte BIM i fremdriftsstyring?*
- *Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsstyring optimaliseres?*

For å besvare forskningsspørsmålene er det gjennomført et litteratursøk og casestudie av tre utvalgte prosjekter. Casestudien inkluderer ti intervjuer av nøkkelpersoner i fremdriftsstyringen av prosjektene, samt dokumentstudier av Multiconsults generelle styrings- og prosedyredokumenter og prosjektspesifikke dokumenter som prosjekteringsplaner og BIM-manualer.

Studien viser at caseprosjektene har benyttet BIM som et verktøy parallelt med tradisjonell planlegging og rapportering av fremdrift. Fremdriften følges opp ved bruk av inntjent verdi med støtte fra statuser i BIM-modellen. Statusene sier noe om modningsgraden til objektene i BIM-modellen i henhold til en ønsket prosess, med tanke på geometri og informasjonsinnhold. Fremdriftsplanene har tatt utgangspunkt i en prosjektnedbrytningsstruktur og er delt opp i forhold til modenhetsnivåer på leveransepakker i BIM-modellen. På denne måten kan fremdriften følges i prosjektet. Status illustreres visuelt gjennom fargekoder på leveransepakker og kommuniseres gjennom en sammenstillingsmodell.

Erfaringene viser at det er mulig å styre prosjekteringsforløpet på en måte som er mer i tråd med faktisk fremdrift gjennom de BIM-baserte verktøyene som er tilgjengelige. Bruk av statuser med fargekoder gjør BIM til et visuelt sterkt verktøy. Ved å planlegge når objekter skal ha en gitt status er det enklere å følge og styre fremdriften. Fargekodingen synliggjør problemområder og man kan raskt sortere ut det som ligger bak planlagt fremdrift. En fordel med bruk av status er at det gir en styring av prosessen underveis og man vil kunne kvalitetssikre produksjonen tidlig i prosjektet. Bruk av status kan potensielt forhindre sene kundeinitierte endringer. Ved å vise en statusatt BIM-modell i møter med kunden kan kunden få en bedre forståelse for prosjekteringen og se konsekvensen av eventuelle endringer. En av utfordringene som er kartlagt gjennom casestudien er at fagene jobber i forskjellige BIM-verktøy. Dette krever mye modelladministrasjon fra prosjekteringsledelsen. Samtidig kan det være vanskelig å få eierskap til bruk av status, noe som kan skyldes lite erfaring og kompetanse. Alle har ikke nødvendigvis den samme forståelsen for statusnivå, som kan gjøre at disiplinene vegrer seg for å endre status.

Masteroppgaven konkluderer med at bruk av status i BIM i stor grad kan forbedre fremdriftsstyringen i detaljprosjekteringen. Funnene viser at god planlegging, koordinering og kommunikasjon, gode rutiner, høy kompetanse og tett oppfølging av fag og aktører er forutsetninger for at bruk av BIM i fremdriftsstyring skal fungere optimalt.

Abstract

Deliveries in the construction industry are becoming more digital and model-based. Nevertheless, the work processes in the industry, like progress management, are often based on traditional engineering without BIM. Traditionally, progress in detail engineering is reported based on estimates and subjective assessments, and is measured based on produced drawings. In complex, multidisciplinary projects, this is a time-consuming process and can reduce the accuracy of the progress reported. BIM modeling is a development process, and drawings are the finished product. Therefore, a tool should be used to measure quality and progress throughout the development of the design, and not measure this solely based on produced drawings.

To find out how BIM can improve progress management in detail engineering in construction projects, the following research questions will be answered:

- *How have selected projects made use of BIM in progress management?*
- *What are the experiences of using BIM in progress management?*
- *How can the use of BIM in progress management be optimized?*

To answer the research questions, a literature search and case study of three selected projects have been carried out. The case study includes ten interviews of key persons in the progress management of the projects, as well as document studies of Multiconsult's management and procedural documents and project-specific documents such as progress plans and BIM manuals.

The study shows that the case projects have used BIM as a tool parallel with traditional planning and reporting of progress. Progress is managed by the use of earned value with the support of statuses in the BIM model. The statuses describes the degree of maturity of the objects in the BIM model according to a desired process, in terms of geometry and information. The progress plans have been based on a work breakdown structure and are divided in relation to maturity levels on delivery packages in the BIM model. In this way, one can follow the progress of the project. Status is visually illustrated through color codes on delivery packages and communicated through a compilation model.

Experience show that it is possible to manage the design process in a way that is more in line with actual progress through the available BIM-based tools. BIM is a visually strong tool. By planning when objects have a given status, it is easier to follow and control the progress. The color coding highlights problem areas and one can quickly sort out what lies behind schedule. The use of status provides a controlling of the whole process and one will be able to quality assure production early in the project. Use of status can potentially prevent late customer-initiated changes. By showing the BIM model in meetings with the customer, one can get a better understanding of the design and the consequences of late changes. One of the challenges that has been identified through the case study is that the disciplines work in different BIM tools. This requires a lot of model administration from the design management. At the same time, it can be difficult to gain ownership of the use of status, which may be due to little experience and competence. Everyone does not necessarily have the same understanding of the use of statuses, which can cause the disciplines to be afraid of changing their status.

The master thesis concludes that the use of status in BIM can greatly improve the progress management in detail engineering. The findings show that good planning, coordination and communication, good routines, high competence and close follow-up of project participants are prerequisites for the optimal use of BIM in progress management.

Innhold

FORORD	II
SAMMENDRAG.....	IV
ABSTRACT.....	VI
1 INTRODUKSJON	1
1.1 INNLEDNING	1
1.1 TEMATISK BAKGRUNN	2
1.3 FORMÅL OG PROBLEMSTILLING	2
1.4 AVGRENSNINGER.....	3
1.5 BEGREPSAVKLARINGER.....	3
1.6 DISPOSISJON	4
2 METODE.....	5
2.1 FORSKNINGSMETODER.....	5
2.1.1 Ulike forskningsmetoder.....	5
2.1.2 Valg av metode.....	6
2.1.3 Kvalitetsvurdering.....	7
2.2 PRESENTASJON AV CASEPROSJEKTER.....	8
2.2.1 Prosjekt 1 – Lyse-Fagrafjell stasjon.....	8
2.2.2 Prosjekt 2 – Tønsbergprosjektet.....	9
2.2.3 Prosjekt 3 – Jølstra.....	10
2.3 LITTERATURSTUDIE	11
2.3.1 Fremgangsmåte	11
2.3.2 Metodekritikk.....	12
2.4 INTERVJU	13
2.4.1 Forberedelser	13
2.4.2 Valg av prosjekter og intervjuobjekter	13
2.4.3 Gjennomføring.....	14
2.4.4 Analyse av data	14
2.4.5 Metodekritikk.....	14
2.5 DOKUMENTSTUDIER	16
2.5.1 Metodekritikk.....	16
3 TEORETISK RAMMEVERK.....	17
3.1 PROSJEKTGJENNOMFØRINGSMODELL.....	17
3.2 ENTREPRISEFORMER.....	18
3.3 DETALJPROSJEKTERINGSFASEN	19
3.3.1 Avhengigheter og koordinasjon.....	19
3.4 PROSJEKTERINGSLEDELSE	21
3.4.1 Prosjekteringsledelsens arbeidsoppgaver	21
3.5 FREMDRIFTSSTYRING.....	22
3.5.1 Tidsplanlegging og PNS.....	22
3.5.2 Oppfølging av fremdrift.....	23
3.5.3 NS 8402	23
3.6 TRADISJONELLE METODER FOR FREMDRIFTSSTYRING	24
3.6.1 Dokument- og tegningslister.....	24
3.6.2 Inntjent verdi	25
3.6.3 Teknikker for å måle fremdrift.....	27
3.6.4 Fordeler med inntjent verdi.....	28
3.6.5 Utfordringer med inntjent verdi	28

3.7 BIM.....	30
3.7.1 Bruksområder.....	30
3.7.2 Åpen BIM.....	30
3.8 FREMDRIFTSSTYRING VED BRUK AV BIM.....	31
3.8.1 Level of Development (LOD).....	31
3.8.2 Modell Modenhets Indeks (MMI).....	32
3.8.3 Prosesstatuskoder fra buildingSmart Norge.....	34
3.8.4 BIM vs. Tegninger.....	36
3.8.5 Fordeler med bruk av BIM i fremdriftsstyring.....	36
3.8.6 Utfordringer med bruk av BIM i fremdriftsstyring.....	37
4 RESULTATER DOKUMENTSTUDIER.....	39
4.1 ROLLER OG ORGANISERING HOS MULTICONSULT.....	39
4.2 MULTICONSULT SIN GJENNOMFØRINGSMODELL - MULTIPEM.....	41
4.2.1 Prosess.....	41
4.3 BRUK AV STATUS I MULTICONSULT.....	44
4.3.1 Leveransepakker.....	44
4.3.2 Bruk av status.....	44
4.3.3 Statuskommunikasjon.....	45
5 RESULTATER CASESTUDIE.....	47
5.1 HVORDAN HAR UTVALGTE CASEPROSJEKTER BENYTTET SEG AV BIM I FREMDRIFTSSTYRING?.....	47
5.1.1 Fremdriftsplanlegging.....	47
5.1.2 Bruk av status.....	48
5.1.3 Fremdriftsoppfølging og –rapportering.....	52
5.2 HVA ER ERFARINGENE FRA Å BENYTTET BIM I FREMDRIFTSSTYRING?.....	54
5.2.1 Fremdriftsplanlegging.....	54
5.2.2 Bruk av status.....	55
5.2.3 Fremdriftsoppfølging og –rapportering.....	59
5.3 HVORDAN KAN BRUK AV BIM I FREMDRIFTSSTYRING OPTIMALISERES?.....	61
5.3.1 Fremdriftsplanlegging.....	61
5.3.2 Bruk av status.....	62
5.3.3 Fremdriftsoppfølging og –rapportering.....	66
6 DRØFTING.....	67
6.1 HVORDAN HAR UTVALGTE CASEPROSJEKTER BENYTTET SEG AV BIM I FREMDRIFTSSTYRING?.....	67
6.1.1 Fremdriftsplanlegging- og rapportering.....	67
6.1.2 Energiprojekt vs. Byggeprosjekt.....	68
6.1.3 Entrepriseform og kundeinvolvering.....	69
6.1.4 Bruk av status.....	69
6.1.5 Sjekkliste i BIM-modell.....	70
6.1.6 Sammenligning av status, LOD og MMI.....	71
6.2 HVA ER ERFARINGENE FRA Å BENYTTET BIM I FREMDRIFTSSTYRING?.....	72
6.2.1 Komplekse oppgaver.....	72
6.2.2 Komplekse prosjekter.....	73
6.2.3 Kvalitetssikrende?.....	74
6.2.4 Tidkrevende eller tidsbesparende?.....	75
6.2.5 Innjent verdi med støtte fra BIM-modell.....	75
6.2.6 Mer nøyaktig fremdrift?.....	76
6.2.7 Verdi for kunden og prosjekterende.....	77
6.2.8 Erfaring med BIM.....	78
6.3 HVORDAN KAN BRUK AV BIM I FREMDRIFTSSTYRING OPTIMALISERES?.....	79
6.3.1 Sjekkliste i BIM-modell.....	79

6.3.2 Forankring og klare forpliktelser	79
6.3.3 God planlegging	80
6.3.4 MultiPEM	81
6.3.5 Gode rutiner og tidlig involvering av parter	82
6.3.6 Tett oppfølging og samarbeid	82
6.3.7 Kompetanse og kunnskap	83
6.3.8 Koordinering og kommunikasjon	83
6.3.9 Standardisert språk for bransjen	84
6.3.10 Bruke flere statuser	85
6.3.11 Videreutvikling	86
7 KONKLUSJON.....	87
7.1 HVORDAN HAR UTVALGTE CASEPROSJEKTER BENYTTET SEG AV BIM I FREMDRIFTSSTYRING?	87
7.2 HVA ER ERFARINGENE FRA Å BENYTTE BIM I FREMDRIFTSSTYRING?	88
7.3 HVORDAN KAN BRUK AV BIM I FREMDRIFTSSTYRING OPTIMALISERES?.....	89
7.4 EVALUERING AV EGET ARBEID	90
7.5 VIDERE ARBEID	91
BIBLIOGRAFI.....	93
VEDLEGG.....	99

Figurliste

FIGUR 1: ILLUSTRASJON AV VALGT FORSKNINGSMETODE.....	6
FIGUR 2: VISUALISERING AV FAGRAFIJELL TRANSFORMATORSTASJON ETTER FERDIGSTILLELSE (STATNETT, 2019)	8
FIGUR 3: VISUALISERING AV NYE TØNSBERG SYKEHUS (MULTICONSULT, 2017B)	9
FIGUR 4: VISUALISERING AV JØLSTRA KRAFTVERK (MULTICONSULT, U.D.).....	10
FIGUR 5: ILLUSTRASJON AV SØKESTRATEGI. INSPIRERT AV (OLSEN, 2015).	11
FIGUR 6: ILLUSTRASJON AV KONTRAKTSFORHOLDET I UTFØRELSESENTREPRISE (VENSTRE) OG TOTALENTREPRISE (HØYRE).	18
FIGUR 7: PROSJEKTERINGSFASEN	19
FIGUR 8: AVHENGIGHETER MELLOM AKTIVITETER (KNOTTEN, ET AL., 2014).....	19
FIGUR 9: PNS FOR BYGGING AV HUS (MYRTRØEN, 2018).....	22
FIGUR 10: S-KURVE	25
FIGUR 11: OPPDATERT S-KURVE	26
FIGUR 12: LOD-FREMDRIFT AV GEOMETRISK DETALJ (GRANI, 2016).....	32
FIGUR 13: BRUK AV MMI I PROSJEKTERINGSPLANLEGGING (FLØISBONN, ET AL., 2018).....	34
FIGUR 14: ORGANISASJONSKART FOR DETALJPROSJEKTERINGSFASEN (GRANHEIM, 2017).....	40
FIGUR 15: ILLUSTRASJON AV MULTIPEM.....	41
FIGUR 16: ILLUSTRASJON AV ET TRADISJONELT PROSJEKTERINGSFORLØP (MYRTRØEN, 2018).	41
FIGUR 17: ILLUSTRASJON AV ET IDEELT PROSJEKTERINGSFORLØP (MYRTRØEN, 2018).	42
FIGUR 18: STATUSER I MODELL KNYTTET OPP MOT PROSJEKTERINGSSTEGENE.....	50
FIGUR 19: EKSEMPEL PÅ STATUSFORDELING ALLE DISIPLINER FOR EN TILFELDIG ETASJE	53
FIGUR 20: EKSEMPEL PÅ STATUSFORDELING PER FAG PER ETASJE I EN FREMDRIFTSRAPPORT	53
FIGUR 21: EKSEMPEL PÅ VISUALISERING AV STATUS (HENTET FRA LYSE-FAGRAFIJELLS BIM-MANUAL).....	56

Tabelliste

TABELL 1: DISPOSISJON	4
TABELL 2: KVALITATIV VS. KVANTITATIV FORSKNING. BASERT PÅ TJORA (2013)	5
TABELL 3: FAKTA OM LYSE-FAGRAFJELL STASJON	8
TABELL 4: FAKTA OM TØNSBERGPROSJEKTET	9
TABELL 5: FAKTA OM JØSTRA KRAFTVERK.....	10
TABELL 6: INTERVJUOVERSIKT	13
TABELL 7: PROSESSER I EN PROSJEKTMODELL. BASERT PÅ (MELAND, 2017).	17
TABELL 8: EKSEMPEL PÅ TEGNINGSLISTE. INSPIRERT AV (ELDIN, 1991)	24
TABELL 9: FORDELER OG ULEMPER VED METODENE FOR FREMDRIFTSMÅLING. BASERT PÅ (FLEMING & KOPPELMAN, 2010).....	27
TABELL 10: MMI-NIVÅER	32
TABELL 11: MODELLMODENHETSINDEKS (FLØISBONN, ET AL., 2018).....	33
TABELL 12: PROSESSTATUSKODER HOS BUILDINGSMART NORGE (BUILDINGSMART, 2017)	35
TABELL 13: ROLLEBESKRIVELSER MULTICONSULT. BASERT PÅ (GRANHEIM, 2017).....	39
TABELL 14: NIVÅER I PROSESSDIMENSJONEN I MULTIPEM.....	43
TABELL 15: STATUSDEFINISJONER I MULTICONSULT FOR TOTALENTREPRISER (MULTICONSULT, 2019B).....	45
TABELL 16: PROSESSTATUSKODER PÅ TØNSBERGPROSJEKTET	49
TABELL 17: STATUSDEFINISJON PÅ JØLSTRA	49
TABELL 18: STATUSDEFINISJON PÅ LYSE-FAGRAFJELL	50
TABELL 19: PROSJEKTERINGSMØTER I PROSJEKTENE.....	52
TABELL 20: SAMMENLIGNING AV CASEPROSJEKTENES SYSTEMER FOR MODENHET I BIM-MODELLEN	70
TABELL 21: STATUSDEFINISJONER I MULTICONSULT SAMMENLIGNET MED MMI (MULTICONSULT, 2019B).....	71
TABELL 22: FORDELER OG UTFORDRINGER VED BRUK AV STATUS I BIM	88

1 Introduksjon

Introduksjonen omfatter oppgavens innledning, tematiske bakgrunn, problemstilling og forskningsspørsmål, samt avgrensninger og begrepsavklaringer for studiet. Til slutt fremstilles rapportens disposisjon.

1.1 Innledning

Stortingsmelding 39 (2012-2023) *Mangfold av vinnere* skriver om flere utfordringer i byggebransjen. Det kommer fram at næringens produktivitetsutvikling har vært dårligere enn i andre næringer. De skriver at en byggenæring som er verdiskapende, innovativ og effektiv er "av stor betydning for å dekke bedrifters og privatpersoners behov for velfungerende bygg". Meldingen sier at innovasjonen i byggenæringen er noe lavere enn i andre næringer, og at timeproduktiviteten de siste 10 årene har vært fallende (Nærings- og handelsdepartementet, 2013). SINTEF (2013) skriver i sitt problemnotat, "Måling av produktivitet og prestasjoner i byggenæringen", at kvalitet må innlemmes som en del av produktivitetmålinger. Her er det spesielt to utfordringer som reises; hva er kvalitet og hvordan måles det (SINTEF, 2013)?

Næringsmeldingen fra Stortinget peker samtidig på at tallet på antall byggefeil er høyt og at dette er noe samfunnet bruker store årlige ressurser på å utbedre. Ifølge SSB ble det gjort byggefeil for 17 milliarder kroner i 2016. Byggefeil skyldes dårlig arbeid hos prosjekterende og utførende. Tydeligere krav vil kunne redusere antall byggefeil (Teknisk Ukeblad, 2017). Å redusere byggefeil og iverksette tiltak som kan bidra til økt produktivitet er av stor betydning. Næringsmeldingen konkluderer med at målet fremover er å fortsette å arbeide med seriositeten i næringen (Nærings- og handelsdepartementet, 2013).

Produktivitet, kvalitet og byggefeil er alle begreper som den prosjekterende bør ta innover seg. Unøyaktigheter i fremdriftsmåling- og rapportering kan føre til dårligere kvalitet, byggefeil og forsinkelser. Mosland (2016) skriver at forutsigbarhet i fremdriften i et bygge- eller anleggsprosjekt krever kontroll på aktivitetene. En fremdriftsplan skal gi kontroll på når aktivitetene skal være ferdig, varighet, forventet ressursforbruk og forutsetninger for gjennomføring. Bransjens største utfordring er samlet planlegging for alle involverte fag og eierskap til planen (Mosland, 2016). Prosjekterende må i større grad samhandle med entreprenør på grunn av økt grad av samspillskontrakter og totalentrepriser, og da understøtte en ønsket byggesekvens (Statsbygg, 2018).

Bygningsinformasjonsmodell eller bygningsinformasjonsmodellering, BIM, påvirker i økende grad hvordan byggeprosjekter ledes (Jackson, 2010). Bruk av BIM endrer prosesser og arbeidsmåter. Det krever blant annet økt kunnskap og kompetanse om BIM og endringsvilje til å arbeide på nye måter (Moen & Moland, 2010). Bruk av BIM kan gi prosjekteringsgruppen en bedre forståelse for feil og mangler på tvers av fagene, plassbehov og mulige konflikter, ved å visualisere en fellesmodell og gjennomføre kollisjonskontroller (Moum, 2010).

Leveransene i byggebransjen blir nå mer digitale og modellbaserte. Mye av terminologien i bransjen er likevel knyttet til arbeidsprosesser som baserer seg på tradisjonell prosjektering uten BIM (Fløisbonn, et al., 2018). Fremdrift i prosjektering har tradisjonelt blitt rapportert basert på estimater og manuelle innspill fra disiplinene og måles med utgangspunkt i produserte tegninger. Denne måten å rapportere fremdrift på, ved hjelp av subjektive vurderinger, er både tidkrevende og kan redusere nøyaktigheten, spesielt i store og tverrfaglige prosjekter (Mejlænder-Larsen, 2019a). BIM-modellering er en utviklingsprosess frem mot det ferdige produktet. Tegningene som produseres er hentet fra det som er modellert i BIM-modellen. Derfor er det viktig å skaffe et verktøy for å måle kvalitet og fremdrift for hele utviklingen i prosjekteringen. I olje- og gassbransjen har de kommet langt med bruk av BIM til kvalitetskontroller og fremdriftsrapportering. Eksisterende forskning i byggebransjen, både når det gjelder tradisjonell fremdriftsstyring og bruk av BIM til dette, fokuserer på utførelsen, og ikke prosjekteringen (Mejlænder-Larsen, 2019a).

1.1 Tematisk bakgrunn

Bakgrunnen for valgt tema er generell interesse for fremdriftsstyring i prosjektering, og interesse fra samarbeidende bedrift, Multiconsult. Etter møter med veileder på NTNU og ekstern veileder i Multiconsult ble det bestemt at oppgaven skulle fokusere på bruk av BIM i fremdriftsstyring i prosjekteringen, ettersom det er lite forskning gjort på dette området. Masteroppgaven er en videreføring av fordypningsprosjektet "Fremdriftsrapportering i prosjektering", utført høsten 2018 i emnet *TBA4531 Prosjekteringsledelse fordypningsprosjekt*. Oppgaven undersøkte dagens praksis for tradisjonell fremdriftsrapportering, uten BIM, i prosjektering. Den avdekket store forbedringspotensialer innen fremdriftsstyring i prosjektering (Bakke, 2018).

Denne masteroppgaven er en analyse av erfaringer med bruk av BIM i fremdriftsstyring i utvalgte caseprosjekter. Forslag til optimalisering av dagens praksis er utformet med bakgrunn i funn fra litteratur og casestudier.

1.3 Formål og problemstilling

Formålet med oppgaven er todelt. For det første er formålet å kartlegge dagens praksis for fremdriftsstyring ved bruk av BIM gjennom utvalgte caseprosjekter. Studiet undersøker effekten av å bruke BIM i fremdriftsstyring i prosjekteringsfasen. Det andre formålet er å finne ut hvordan bruk av BIM til fremdriftsstyring kan fungere best mulig. Forskningsspørsmålene er utviklet med bakgrunn i oppgavens formål.

Oppgaven har følgende problemstilling: *"Hvordan kan BIM forbedre fremdriftsstyring i detaljprosjekteringen?"*

For å kunne svare på problemstillingen er det definert tre ulike forskningsspørsmål:

- *Hvordan har utvalgte caseprosjekter benyttet seg av BIM i fremdriftsstyring?*
- *Hva er erfaringene fra å benytte BIM til fremdriftsstyring?*
- *Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsstyring optimaliseres?*

1.4 Avgrensninger

Oppgaven fokuserer på fremdriftsstyring i detaljprosjekteringsfasen. I forbindelse med intervjuer, ble dette begrenset til intervju av nøkkelpersoner ved tre spesifikke prosjekter som har benyttet seg av BIM, på ulik måte, til å måle og rapportere fremdrift i prosjekteringen. Likevel vil resultatene baseres på erfaringer fra tidligere prosjekter intervjuobjektene har vært med på. Alle intervjuobjektene er ansatt i Multiconsult.

Denne oppgaven fokuserer på fremdriftsstyring og erfaringer med bruk av BIM-verktøy i forbindelse med dette. Fokuset ligger på BIM som prosess og ikke som verktøy. Det er ikke fokusert på de ulike typer BIM-verktøy og deres bruksområder verken i det teoretiske rammeverket eller i diskusjonsdelen, selv om det teknologiske aspektet nevnes i resultatene.

1.5 Begrepsavklaringer

Begrepene *oppdrag* og *prosjekt* brukes om hverandre. Multiconsult har definert ordene slik:

- *Prosjekt* er en tidsavgrenset, målrettet, engangsoppgave med gitt kostnadsbudsjett. Et byggeprosjekt går normalt over flere faser fra ide til realisering.
- Et *oppdrag* er en kontraktuell leveranse som Multiconsult utfører for en kunde, ofte som del av kundens prosjekt.

Begrepene *kunde* og *oppdragsgiver* brukes begge om det firma som gir noen (eks. Multiconsult) et oppdrag. Det samme gjelder *disiplin* og *fag*, som brukes om de prosjekterende som utøver rådgivning og prosjektering.

Rapporten benytter følgende forkortelser for disipliner i prosjekteringen:

- ARK - Arkitekt
- LARK - Landskapsarkitekt
- RIB – Rådgivende ingeniør bygg
- RIE – Rådgivende ingeniør elektro
- RIEn – Rådgivende ingeniør energi
- RIG og RIGberg – Rådgivende ingeniør geoteknikk og geoteknikk berg
- RIMask – Rådgivende ingeniør maskin
- RIV – Rådgivende ingeniør VVS (varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk)
- RIVA – Rådgivende ingeniør vann og avløp
- RIVei – Rådgivende ingeniør vei

Rapporten benytter følgende begreper for ulike betegnelser av roller i prosjekteringen:

- OL – oppdragsleder
- PRL – prosjekteringsleder
- PS – prosjektstyrer
- DL – disiplinleder

1.6 Disposisjon

Masteroppgaven består av 7 kapitler. En leserveiledning presenteres i tabell 1.

Tabell 1: Disposisjon

Kapittel	Navn	Beskrivelse
1	<i>Introduksjon</i>	Kapitlet tar for seg oppgavens innledning, tematiske bakgrunn, formål og forskningsspørsmål, avgrensninger, begrepsavklaringer og disposisjon
2	<i>Metode</i>	Kapitlet presenterer ulike forskningsmetoder, begrunnelse for valg av metode og teori om kvalitetsvurdering av forskning. Utvalgte caseprosjekter blir presentert. Til slutt blir valgte metoder og metodekritikk av disse redegjort for.
3	<i>Teoretisk rammeverk</i>	Kapitlet fungerer som grunnlag for studien og fremstiller relevant litteratur som senere diskuteres i kapittel 6.
4	<i>Resultat dokumentstudier</i>	Her presenteres funnene fra de generelle dokumentene i dokumentstudiene.
5	<i>Resultat casestudier</i>	Her presenteres funn fra kvalitative intervjuer og prosjektspesifikke dokumenter.
6	<i>Drøfting</i>	I dette kapitlet diskuteres funnene fra resultatene opp mot relevant teori og egen kunnskap.
7	<i>Konklusjon</i>	Her konkluderes masteroppgavens forskningsspørsmål og eget arbeid evalueres. Forslag til videre forskning om temaet fremstilles.

2 Metode

I dette kapitlet presenteres ulike forskningsmetoder, begrunnelse for valg av metode og teori om kvalitetsvurdering av forskning. Utvalgte caseprosjekter blir presentert. Til slutt presenteres valgte forskningsmetoder og metodekritikk av disse.

2.1 Forskningsmetoder

En forskningsmetode sier noe om hvordan en bør gå frem for å finne eller teste kunnskap, og kan forklares som å følge en viss vei mot et mål (Dalland, 2017). Målet er å besvare forskningsspørsmålene.

2.1.1 Ulike forskningsmetoder

Det skilles mellom *kvalitativ* og *kvantitativ* tilnærming. Tjora (2013) skiller de to hovedtilnærmingene ved at kvalitative metoder framhever innsikt, mens de kvantitative framhever oversikt. Sagt på en annen måte; kvalitativ forskning søker forståelse, mens kvantitativ søker forklaring (Tjora, 2013). En grov oversikt over hva det er vanlig å legge vekt på i de ulike forskningsmetodene er samlet i tabell 2.

Tabell 2: Kvalitativ vs. kvantitativ forskning. Basert på Tjora (2013)

Kvalitativ tilnærming	Kvantitativ tilnærming
Forståelse	Forklaring
Nærhet til dem man forsker «på», åpen interaksjon mellom forsker og informant	Avstand til respondenter
Data i form av tekst	Data i form av tall
Induktiv	Deduktiv
Fremhever innsikt	Fremhever oversikt

Når man bruker kvantitative metoder stiller man andre spørsmål, eller stiller spørsmålene annerledes, enn ved kvalitative metoder. Det er flere pragmatiske hensyn ved valg av metode. Man må se på blant annet hva slags praktiske muligheter man har for å gjøre for eksempel intervjuer, hva slags tilgang man har til aktuelle caser eller informanter, om det stilles spesifikke krav til empiri eller analyse, og hvilke ressurser som er tilgjengelige. (Tjora, 2013).

Det finnes mange former for datagenerering. Dalland (2017) skiller mellom: dokumentgjennomgang, bruk av eksisterende data, intervjuer med nøkkelpersoner, deltagende observasjon, direkte observasjon/måling og spørreundersøkelse. En forskningsmetode som kombinerer flere av de nevnte tilnærmingene, gjerne både kvalitative og kvantitative, kalles casestudier (Tjora, 2013).

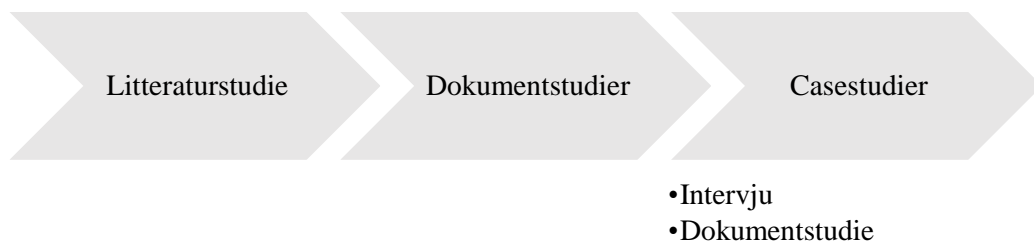
2.1.2 Valg av metode

Masteroppgavens forskningsmetoder er valgt ut fra hvordan oppgavens formål og problemstillinger best mulig kan besvares. Masteroppgavens formål baseres på menneskelig fortolkning og helhetsforståelse av hva som gjøres i praksis. Derfor vil det være naturlig å velge en kvalitativ tilnærming. Samtidig bygger masteroppgaven på menneskers erfaringer fra byggebransjen, noe som støtter metodevalget. En *kvalitativ* tilnærming er derfor vurdert som den mest hensiktsmessige fremgangsmåten. Det er valgt å kombinere flere former for datagenerering, noe som gir mulighet for datatriangulering. Da kombineres informasjon fra ulike kilder for å veie opp for svakheter i hver enkelt kilde, noe som også gir et bedre helhetsbilde.

En kvalitativ tilnærming legger i utgangspunktet opp til en induktiv forskningsmetode. Forskningsspørsmålene, slik de er stilt, er ikke formet med hensikt å bekrefte eller avkrefte hypoteser, noe som da vil helle mot en deduktiv metode. Likevel tar studien i dette tilfellet utgangspunkt i litteraturen, for så å studere hva som skjer i praksis. Dermed har denne studien en deduktiv fremgangsmåte, selv om en kvalitativ tilnærming er benyttet.

Som en av metodene for datainnsamling i masteroppgaven er det valgt å studere eksisterende litteratur om temaet. Kjennskap til eksisterende teori og tidligere studier er en forutsetning for å jobbe godt med temaet. Det er også hensiktsmessig fordi det gir muligheter til å sammenligne teorien med det som skjer i praksis. Ved å gjennomføre et litteratursøk først vil en også kunne utelukke og jobbe med noe som allerede er forsket på. For teoretisk bakgrunn og bedre forståelse for temaet i forkant av casestudien er det samtidig sett på relevante styrings- og prosedyredokumenter til Multiconsult. For å kunne besvare forskningsspørsmålene er det valgt å ta utgangspunkt i casestudier som forskningsmetode. Det er valgt å gjennomføre intervjuer med relevante personer i tre ulike prosjekter. Dette for å oppnå helhetsforståelse av hva som gjøres i praksis. Det vil gi tilleggskunnskap og erfaringer med bruk av BIM til fremdriftsstyring i prosjektering. Casestudiet inneholder også studier av prosjektspesifikke dokumenter.

Valgte forskningsmetoder og rekkefølge i arbeidet er illustrert i figur 1.



Figur 1: Illustrasjon av valgt forskningsmetode

2.1.3 Kvalitetsvurdering

Det er viktig å ha en forståelse for *pålitelighet*, *gyldighet* og *generalisering* når forskningen skal kvalitetsvurderes (Tjora, 2013). De tre kriteriene benyttes som indikatorer for kvalitet. Ofte benyttes ordene reliabilitet og validitet, som er direkte oversatt fra engelsk, men her er det valgt å benytte seg av de norske begrepene pålitelighet og gyldighet.

Pålitelighet har med konsistensen og troverdigheten til forskningsresultatene å gjøre (Kvale & Brinkmann, 2009). Det handler om sammenheng gjennom hele forskningsprosjektet. Forskerens forkunnskap og posisjon er viktig for pålitelighet. Det er mye som kan ha betydning for påliteligheten; Har man noe til felles med informantene, eller spesiell kunnskap/engasjement, som kan ha påvirket tilgangen til felt, utvalg, datagenerering, analyse og resultater? Hvordan er intervjuer eller utdrag fra observasjoner valgt ut? Hvordan er informanter blitt valgt ut, og hva slags relasjoner er det mellom forsker og informanter (Tjora, 2013)?

Gyldighet handler om en logisk sammenheng mellom prosjektets utforming og funn, og de spørsmål man forsøker å finne svar på. For å sikre høy gyldighet er det viktig at forskningen pågår innenfor rammene av faglighet og er forankret i relevant annen forskning (Tjora, 2013).

Generaliserbarhet handler om forskningens relevans utover det som faktisk er undersøkt (Tjora, 2013). Det er ofte en bekymring for vitenskapelig generalisering fra casestudier. Yin (2014) svarer på dette ved at si at "*case studier [...] kan generaliseres til teoretiske proposisjoner og ikke til mennesker eller universer*". Forskere tar sikte på å generalisere teorier analytisk snarere enn statistisk. Det å ha gode teoretiske proposisjoner legger grunnlaget for å generalisere funnene fra studien til andre situasjoner (Yin, 2014).

2.2 Presentasjon av caseprosjekter

Caseprosjektene består av et transformatoranlegg, et sykehusbygg og et vannkraftverk. Prosjektene er av høy kompleksitet både i forhold til størrelse, prosjekttype og tverrfaglighet. Energiprojektene kan relateres til byggeprosjekter på flere måter. Organisering og planlegging av prosjektene gjennomføres ganske likt som på byggeprosjekter. I tillegg består prosjekteringsgruppen av flere av de samme disiplinene. Flere av disiplinene jobber i samme programvare i BIM.

2.2.1 Prosjekt 1 – Lyse-Fagrafjell stasjon



Figur 2: Visualisering av Fagrafjell transformatorstasjon etter ferdigstillelse (Statnett, 2019)

Lyse-Fagrafjell stasjon er et prosjekt der det bygges en transformatorstasjon på grensen mellom Sandnes og Time kommune i Rogaland. Multiconsult er rådgiver for byggherre og leverer en komplett pakke med forespørselsgrunnlag (Statnett, 2019). Figur 2 viser en visualisering av Lyse-Fagrafjell stasjon etter ferdigstillelse. I tabell 3 oppsummeres korte fakta om prosjektet.

Tabell 3: Fakta om Lyse-Fagrafjell stasjon

Prosjekttype	Energi - transformatorstasjon
Entrepriseform	Totalentreprise
Spenningsnivå	420 kV kraftledning, 67 km lang
Kunde	Statnett SF
Oppstart og planlagt sluttdato	2017 – 2019 (Foreløpig)
Fase	Detaljprosjektering
Kontraktshierarki	Tegninger gjelder før BIM-modell
Premissgivende disiplin prosjektering	RIEn
Primærdisipliner prosjektering	LARK, RIB, RIEn, RIG, RIGberg, RIVA, RIVei

2.2.2 Prosjekt 2 – Tønsbergprosjektet



Figur 3: Visualisering av nye Tønsberg sykehus (Multiconsult, 2017b)

Multiconsult er en del av prosjekteringsgruppen CURA som danner komplett prosjekteringsgrunnlag for gjennomføring av for- og detaljprosjektering av nytt Tønsberg sykehus. Tønsbergprosjektet inneholder bygninger for somatikk og psykiatri og er et stort og nyskapende prosjekt (Multiconsult, 2017a). Utbyggingen skjer i to etapper fordi sykehuset på eksisterende tomt skal være i full drift i hele perioden. Figur 3 viser en visualisering av det nye sykehuset. I tabell 4 oppsummeres korte fakta om Tønsbergprosjektet.

Tabell 4: Fakta om Tønsbergprosjektet

Prosjekttype	Nybygg sykehus
Entrepriseform	Samspillentreprise (IPD)
Størrelse	45 000 kvm
Kunde	Sykehuset i Vestfold HF
Oppstart og planlagt sluttdato	2016 – 2021
Fase	Detaljprosjektering og bygging
Kontraktshierarki	BIM-modell gjelder før tegninger
Premissgivende disiplin prosjektering	ARK
Primærdisipliner prosjektering	ARK, LARK, RIB, RIE, RIV

2.2.3 Prosjekt 3 – Jølstra



Figur 4: Visualisering av Jølstra kraftverk (Multiconsult, u.d.)

Jølstra kraftverk er et vannkraftanlegg som skal utnytte et fall på 131 meter i Jølstravassdraget i Førde og Jølster kommune i Sogn og Fjordane. Det er et tradisjonelt anlegg med inntak i elva, tunneler ned til en kraftstasjon i fjellet, og en lang avløpstunnel der vannet kommer ut i elva lengre ned. Kraftverket vil få en produksjon på over 200 GWh. Multiconsult er rådgiver for teknisk prosjektering (Sunnfjord Energi, u.d.). Figur 4 viser en visualisering av Jølstra kraftverk. Tabell 5 oppsummerer korte fakta om prosjektet.

Tabell 5: Fakta om Jølstra kraftverk

Prosjekttype	Energi – vannkraftverk
Entrepriseform	Utførelsesentreprise
Årsproduksjon	233 GWh
Kunde	Sunnfjord Energi AS
Oppstart og planlagt sluttdato	2018 – 2021
Fase	Detaljprosjektering og bygging
Kontraktshierarki	Tegningsløst prosjekt, kun BIM-modell gjelder
Premissgivende disiplin prosjektering	RIB og RIGberg (og RIM)
Primærdisipliner prosjektering	LARK, RIB, RIEn, RIGberg, RIMask

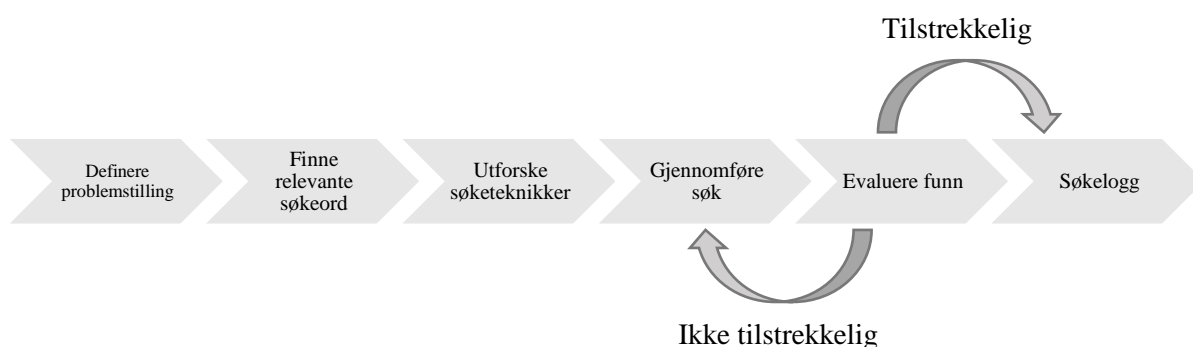
2.3 Litteraturstudie

I forbindelse med tidligere utført fordypningsprosjekt ble det levert en litteraturstudierapport og gjennomført ytterligere litteratursøk. Litteraturstudie utført i forbindelse med fordypningsprosjektet utgjorde grunnlaget for videre litteraturstudie i masteroppgaven. Mye av litteraturen er hentet direkte fra tidligere søk. Likevel har behovet for et nytt teoretisk grunnlag naturlig nok oppstått, og det var behov for å jobbe med videre litteratursøk etter at fordypningsprosjektet ble levert. Det innledende litteraturstudiet har bidratt til gode søkerutiner og metoder for evaluering av kilder. Samme fremgangsmåte er benyttet i masteroppgaven.

2.3.1 Fremgangsmåte

Litteraturstudiet har i hovedsak bestått av en gjennomgang av faglitteratur fra universitetsbiblioteket og fagdatabaser på nett. Det ble sett på relevant faglitteratur til den teoretiske bakgrunnen for oppgaven. Litteraturstudiet er gjennomført for å sette temaet det skal skrives om i en referanseramme.

Litteraturstudiet har både vært basert på anbefalinger fra ekstern veileder, samt egne internettsøk i relevante databaser. Her ble Scopus og Oria mest brukt. For å finne ytterligere litteratur eller for å finne litteraturens primærkilde ble referanselister gjennomgått. Det ble sett på litteratur både på norsk og på engelsk. Søkestrategien er illustrert i figur 5 og ble benyttet for å sikre at litteraturen som benyttes har tilstrekkelig pålitelighet og gyldighet.



Figur 5: Illustrasjon av søkestrategi. Inspirert av (Olsen, 2015).

Relevante søkeord som ble brukt i det innledende litteraturstudie var blant annet:

- *Prosjekteringsledelse*
- *Progress management*
- *Gjennomføringsmodell / project execution model*
- *Kombinasjoner av earned value, measurement og design/engineering*

Etter det innledende litteratursøket oppsto det behov for videre litteratursøk og relevante søkeord var blant annet:

- *Model maturity*
- *Level of development*
- *Tracking progress/design*
- *BIM and planning*

Flere ord har blitt sammensatt og koblet, og ulike søketeknikker er utforsket og notert. Søket ble gjennomført i relevante databaser som Oria og Scopus, der det enten ble avgrenset eller utvidet for å få gode nok resultater.

Relevansen i litteraturen ble vurdert systematisk ved å gjennomgå del for del i kilden, i følgende rekkefølge; tittel, nøkkelord, sammendrag og konklusjon. Oppnådde kilden relevans på samtlige punkter ble den lest i sin helhet, også referanselisten. Litteraturen som ble ansett som tilstrekkelig ble loggført. I motsatt tilfelle ble det gjennomført nye søk.

Litteraturen er kvalitetssikret gjennom TONE-prinsippene; troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet (NTNU, u.d.). Ved å systematisk gjennomgå hver enkelt kriterium for hver enkelt kilde er det lettere til å vurdere om man ønsker å benytte litteraturen videre.

2.3.2 Metodekritikk

Litteraturstudiet refererer stort sett til andre publiserte kilder og vil i stor grad ha høy pålitelighet. En svakhet med litteratursøk er at kvalitativ informasjon påvirkes av individets fortolkning (Samset, 2008). Litteraturen er subjektivt valgt ut, og diskusjoner og analyser rundt temaene er i større grad basert på undertegnede egne tolkninger. Likevel påstås det at valgt søketeknikk er dekkende i henhold til å sikre litteraturens pålitelighet og gyldighet. Samtidig er det ting som kunne vært gjort annerledes.

- Det kunne vært søkt i flere databaser for å øke sjansen for å finne relevant litteratur. Begrensninger i format og tidsbruk gjorde at dette ikke var gjennomførbart. Likevel vil bruk av få databaser gi den fordel at man i større grad kan gjennomgå flere av funnene.
- For mange avgrensninger kan føre til at man mister mye informasjon. Fokus på riktig valg av avgrensninger vil øke sjansen for å finne spesifikk og relevant informasjon. Det er forsøkt å ha en nøye gjennomgang av valgte avgrensninger, med både ingen, få og flere avgrensninger.
- Ved å gjennomgå referanselister vil man minske sannsynligheten for feiltolkning ved videre anvendelse av litteraturen. Dette kunne vært gjort i større grad.

2.4 Intervju

Primærkilden til resultatene har vært intervjuer med nøkkelpersoner i tre ulike prosjekter. Ved å gjennomgå relevant faglitteratur om kvalitative forskningsmetoder på forhånd fikk undertegnede kjennskap til ulike metoder og begreper for kunnskapsinnhenting ved bruk av samtaler. Det ble valgt å gjennomføre semi-strukturerte intervjuer. Ifølge Kvale og Brinkmann (2009) er denne typen intervju best egnet når et bestemt tema skal undersøkes. Intervjueren bør ha gode kunnskaper om temaet, styre intervjuet, kjenne formålet og vite hva en skal innhente kunnskap om. Ved å gjennomføre et litteratursøk i forkant er det enklere å stille de riktige spørsmålene, få en god samtale og gode resultater fra intervjuet.

2.4.1 Forberedelser

Det ble i forkant av intervjuene utarbeidet en intervjuguide. Denne finnes i vedlegg 1. Det ble valgt å følge Tjoras (2013) struktur på intervjuene. Han deler et såkalt *dybdeintervju* inn i oppvarmingsspørsmål, refleksjonsspørsmål og avrundingspørsmål. Spørsmålene i intervjuguiden ble utarbeidet med hensyn på forskningsspørsmålene og oppbyggingen av teorien i masteroppgaven. Derfor var det viktig å gjennomgå nok litteratur om temaet, samt undersøke begreper og gjennomføringsmetodikk hos Multiconsult, før intervjuguiden ble utarbeidet. Rekkefølgen i arbeidet vises i figur 1 i kapittel 2.1.2.

Hoveddelen i intervjuguiden, refleksjonsspørsmålene, er satt opp på samme måte som forskningsspørsmålene. De samme temaene blir gjennomgått for hvert forskningsspørsmål. Erfaringer blir kartlagt og vurdert, og forbedringspotensial blir sett på. Spørsmålene ga rom for oppfølgingsspørsmål og muligheter til å innhente informasjon om relaterte emner. Ved å gjennomføre intervjuer med flere personer i hvert prosjekt, blir datatriangulering oppnådd.

2.4.2 Valg av prosjekter og intervjuobjekter

Ekstern veileder i Multiconsult valgte ut de tre caseprosjektene, presentert i kapittel 2.2, med bakgrunn i at de har benyttet seg av BIM, i ulik grad, til fremdriftsstyring i detaljprosjekteringsfasen. Alle intervjuobjektene er ansatt i Multiconsult. De ble valgt ut da de på ulik måte har arbeidet med enten fremdriftsstyring og/eller BIM i prosjektene, eller generelt har god innsikt i prosjektene (som for eksempel en oppdragsleder). Ekstern veileder var behjelpelig med kontaktinformasjon til intervjuobjektene og alle takket ja til intervju med en gang. For å ikke identifisere intervjuobjektene er de valgt å holde anonyme, men objektenes roller presenteres i tabell 6. Dette for å vise funnene relaterer seg til de ulike rollene i prosjektene.

Tabell 6: Intervjuoversikt

Dato	Intervjuobjekt	Rolle	Prosjekt
18.02.19	1	Prosjekteringsleder	Lyse-Fagrafjell
20.02.19	2	Oppdragsleder	Lyse-Fagrafjell
20.02.19	3	Prosjektstyrer	Lyse-Fagrafjell
20.02.19	4	BIM-koordinator	Lyse-Fagrafjell
21.02.19	5	Prosjekteringsleder	Tønsbergprosjektet
21.02.19	6	Prosjektstyrer	Tønsbergprosjektet
21.02.19	7	BIM-koordinator	Tønsbergprosjektet
21.02.19	8	Prosjektstyrer og BIM-koordinator	Jølstra
25.02.19	9	Oppdragsleder	Tønsbergprosjektet
27.02.19	10	Oppdragsleder og prosjekteringsleder	Jølstra

2.4.3 Gjennomføring

Totalt ble det gjennomført ti intervjuer i perioden 18.-27. februar. Beregnet varighet var satt til 60 minutter, og hvert intervju tok rundt 60 minutter. Alle intervjuene ble holdt i Multiconsult sine lokaler. Intervjuguiden ble stort sett fulgt, og det ble stilt oppfølgingsspørsmål under flere av temaene. Etter intervjuobjektens samtykke ble alle intervjuene tatt opp på lydbånd. Dette for å gjøre det enklere å transkribere og behandle dataene i etterkant, og for at intervjuer skal være mer fokusert og delaktig under selve intervjuet (Dalland, 2017). Etter at arbeidet med opptakene ble ferdig, ble de slettet.

2.4.4 Analyse av data

Etter at intervjuene var transkribert ble referater tilsendt intervjuobjektene. Da kunne eventuelle mistolkninger eller formuleringer avklares. Videre ble de transkriberte intervjuene tematisert i analyseprogrammet NVivo. Tjoras (2013) metode for å analysere kvalitative data, kalt SDI-metoden, er benyttet. SDI står for stegvis-deduktiv induksjon, og har som mål å utvikle en kvalitetssikret og håndterbar analyse av kvalitative data. Avsnitt og utsagn fra intervjuene ble kodet med *noder*. Tjora (2013) skriver at det er essensielt i kodingen å ha en type koding som tar vare på detaljene og hva som faktisk er beskrevet i den spesifikke empirien. Kodene, som i NVivo blir kalt *noder*, sier noe om hva informanten sier, og ikke hva informanten snakker om, da dette allerede står i intervjuguiden. Eksempler på empirinære koder som ble benyttet var:

- *Se trender tidlig*
- *Visuelt sterkt verktøy*
- *Oppdatere modellen oftere*
- *Vegring for å sette status*
- *Følger MultiPEM i stor grad*

Det neste steget gikk ut på å jobbe med kun kodene for å lage en kodegruppering. Her ble det definert noen temaer som sier noe om hva masteroppgaven handler om. Det er helt nødvendig at kodene er så detaljerte at man kun ut fra kodene kan utvikle kodegruppene (Tjora, 2013). Eksempler på kodegrupper var:

- *Fordeler med BIM til fremdriftsstyring*
- *Utfordringer med BIM til fremdriftsstyring*
- *Praksis for statussetting*
- *Optimalisering av BIM i fremdriftsstyring*
- *MultiPEM*

Kodegruppene gjorde at undertegnede var i stand til å begynne å utvikle noen empiriske argumenter. Analysemetoden som ble valgt viste seg å være spesielt nyttig ved leting etter systematiske sammenhenger mellom caser og opp mot litteraturen.

2.4.5 Metodekritikk

En av styrkene med intervju er at det gir forklaringer så vel som personlige synspunkter (f.eks. oppfatninger, holdninger og meninger). Det er også en målrettet metode som fokuserer direkte casestudietemaene (Yin, 2014). Det må samtidig tas forbehold om feiltolkning med tanke på informantens egentlig intensjoner. I følge Kvale og Brinkmann (2009) vil intervjupersonen som et subjekt ikke være helt subjektivt på grunn av påvirkning av omgivelser. En annen svakhet med metoden er refleksivitet. Det kan være informanten gir det intervjueren ønsker å høre (Yin, 2014). Derfor er det viktig å fokusere på måten spørsmålene blir stilt, og finne en balanse mellom å være styrende og åpen. Gode forberedelser øker troverdigheten til resultatene.

Resultatene har større intern gyldighet enn ekstern. Dette er fordi intervjuobjektene arbeider i samme bedrift og flere er ansatt med samme stilling. Resultatene vil være mer gyldige i Multiconsult enn for andre bedrifter og aktører. Resultatene vurderes likevel til å ha høy pålitelighet. Intervjuobjektene har erfaring fra andre roller i prosjekteringsprosessen eller byggebransjen, noe som øker svarenes troverdighet og gir et bredere perspektiv.

Resultatene vil i noe større grad være generaliserbare innenfor Multiconsult og tilsvarende aktører (rådgivere/prosjekterende) enn i resten av bransjen. Det at caseprosjektene er ulike både med tanke på type prosjekt, entreprisform, størrelse, geografi, kompleksitet osv., gjør at funnene i større grad kan generaliseres innenfor andre rådgivende virksomheter.

Intervjuguiden i vedlegg 1 ble utarbeidet i starten av arbeidet med masteroppgaven, og i ettertid har formuleringen av både problemstilling og forskningsspørsmålene endret seg noe. Det er den opprinnelige formuleringen av forskningsspørsmål som står i intervjuguiden. Dette har ikke påvirket refleksjoner i oppgaven i etterkant, men er med for å vise hvordan arbeidet med masteroppgaven har utviklet seg. Likevel gjorde det at en liten del av funnene i intervjuene ikke har blitt benyttet i oppgaven.

2.5 Dokumentstudier

Dokumentstudier vil si å bruke dokumenter som er produsert for andre formål enn forskning (Tjora, 2013). I denne oppgaven er dokumentstudier benyttet som en sekundærkilde, altså i tillegg til data fra intervjuene. Det er både sett på generelle dokumenter til Multiconsult, og spesifikke prosjektdokumenter.

De generelle dokumentene ble brukt for å få en bredere teoretisk bakgrunn, bedre forståelse for Multiconsult sine prosedyrer og systemer, og for å kunne sammenligne med det som er presentert i det teoretiske rammeverket.

Under intervjuene ble det både tatt frem og vist diverse prosjektdokumenter. Intervjuer spurte i etterkant om å få tilgang til ulike spesifikke prosjektdokumenter. Det meste av informasjonen hentet herfra blir ikke brukt direkte i oppgaven da de kan inneholde sensitiv prosjektinformasjon. Noe informasjon har likevel blitt benyttet da det var mulig uten å oppgi sensitiv informasjon. De spesifikke dokumentene ble stort sett brukt til gjennomsyn for å få en bedre forståelse for det som ble sagt under intervjuene og for å se funnene i sammenheng med de andre caseprosjektene.

De generelle dokumenter som er gjennomgått er:

- Styrings- og prosedyredokumenter
- Funksjonsbeskrivelser
- Presentasjoner

Prosjektspesifikke dokumenter som er gjennomgått er:

- Prosjekteringsplaner
- Fremdrifts- og månedsrapporter
- BIM-manualer

2.5.1 Metodekritikk

Å studere dokumenter i tillegg til å gjennomføre intervju, vil kunne øke forståelsen av svarene fra intervjuene. Yin (2014) peker på flere styrker med dokumentgjennomgang. Det er en stabil kilde som kan gjennomgås gjentatte ganger. Det kan inneholde nøyaktige navn, referanser og detaljer om en eller flere hendelser, i ulikt tidsperspektiv. Samtidig er ikke kilden opprettet som et resultat av casestudien, og er på denne måten diskret (Yin, 2014). Ulempen kan derimot være at det kan være vanskelig å få tilgang, det kan inneholde sensitiv informasjon som ikke kan brukes direkte, og det kan på samme måte som litteraturstudie påvirkes av individets fortolkning.

3 Teoretisk rammeverk

Det teoretiske rammeverket er kartlagt gjennom litteratursøk gjennomført i løpet av høsten 2018 og våren 2019, både i forbindelse med en egen litteraturstudierapport og egne søk i etterkant av dette. Teorikapittelet presenterer teori om prosjektgjennomføringsmodell, entreprisereformer, detaljprosjektering, prosjekteringsledelse og fremdriftsstyring, tradisjonelle metoder for fremdriftsstyring, og BIM og bruk av BIM til fremdriftsstyring.

3.1 Prosjektgjennomføringsmodell

En byggeprosess kan defineres som en produksjonsprosess. En komplett produksjonsprosess, uavhengig av produkt, deles gjerne inn i delprosesser (Meland, 2017). Tabell 7 viser de ulike prosessene og hva de vil tilsvare i en byggeprosess.

Tabell 7: Prosesser i en prosjektmodell. Basert på (Meland, 2017).

Prosess	Tilsvarende prosess for byggeprosjekter
Produktutforming	Spesifikasjon og prosjektering
Produktframstilling/-tilvirkning	Utførelse
Produktanvendelse	Bruken, FDV
Produktfornyelse	Avhending/gjenbruk

Sammenstillingen av disse prosessene gir oss en prosjektmodell. En komplett, generisk prosjektmodell må ha sin prosjektspesifikke *gjennomføringsmodell* (Meland, 2017). Prosjektgjennomføringsmodellen, PGM, handler om koordinering. Den skal si noe om hvem som har ansvar og risiko for hva i prosjektet. Den definerer hva som skal gjøres, i hvilken rekkefølge, til hvilket nivå og i hvilken fase (Eriksen & Hoffmann, 2016).

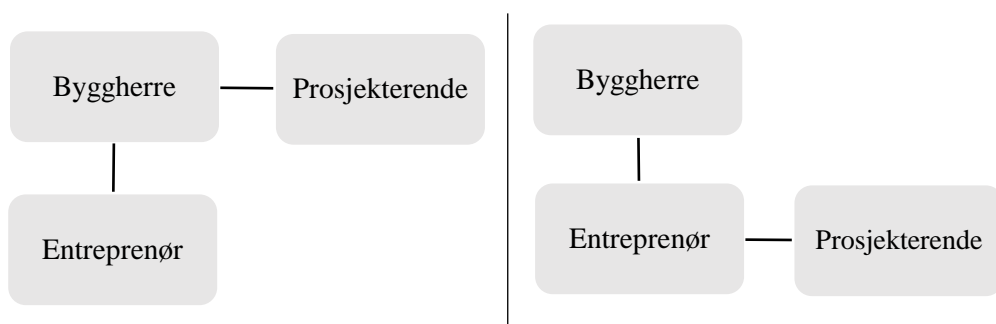
Meland (2000) påpeker at det ikke finnes én riktig måte å organisere en byggeprosess på, men at det heller er snakk om ulike gjennomføringsstrategier. Han skriver at "*gjennomføringsmodell for et byggeprosjekt defineres gjennom kontraktene mellom partene og i forarbeidene med disse*". Hans definisjon av gjennomføringsmodell er ganske omfattende og inkluderer kombinasjonen av kontraheringsstrategi, entreprise- og kontraktsform, organisering og vederlagsform (Meland, 2000).

I store prosjekter er valget av en PGM en viktig beslutning om bedriftsstyring. Likevel må optimalisering av PGM vurdere situasjonen og målene for prosjektet. Det er ikke sikkert at en lik modell for alle prosjekter er levedyktig (Klakegg, 2017). Klakegg (2017) argumenter for en standardisering av PGM fremfor en PGM tilpasset hvert prosjekt, selv om det ikke finnes én optimal PGM.

3.2 Entrepriseformer

Entreprise er en betegnelse på organiseringen og kontraktsforholdet mellom byggherre, prosjekterende og utførende. Valg av entrepriseform er i hovedsak et valg av risikofordeling mellom byggherre og entreprenør (Byggordboka, 2018). Entrepriseformene blir ifølge DIBK (u.d.) tradisjonelt delt inn i to hovedformer:

- Utførelsesentreprise
- Totalentreprise



Figur 6: Illustrasjon av kontraktsforholdet i utførelsesentreprise (venstre) og totalentreprise (høyre).

Hovedforskjellen mellom de to entrepriseformene ligger i hvor ansvaret for prosjekteringen er plassert. Kontraktsforholdet i en utførelsesentreprise og en totalentreprise er illustrert i figur 6. I en *utførelsesentreprise* står byggherre for hele eller store deler av prosjekteringen. Da kan byggherren enten prosjektere selv eller leie inn rådgivere og arkitekter som utformer, beskriver og prosjekterer bygget (DIBK, u.d.). En utførelsesentreprise kan igjen skilles i delte entrepriser, hovedentreprise og generalentreprise. Forskjellen mellom disse består i hvor mye ansvar byggherren tar for fremdrift av prosjektet og koordinering av entreprenørene (Byggordboka, 2018). Denne oppgaven går ikke nærmere inn på forskjellen mellom de ulike modellene innenfor utførelsesentrepriser.

I en *totalentreprise* har entreprenøren ansvaret for både prosjekteringen og utførelsen av det kontrakten omfatter. Totalentreprenøren har da all ansvarsrett, eller den kan være delt på underleverandører for prosjektering og utførelse (DIBK, u.d.).

De siste årene har det kommet flere nye samarbeidsformer innenfor byggenæringen. Disse kan deles inn i to hovedgrupper:

- Samspillsentreprise eller partnering
- Offentlig-privat samarbeid (OPS)

Samspillsentreprise kjennetegnes ved åpenhet i prosessen og tidlig involvering av partene (DIBK, u.d.). En type samspillskontrakt kalles Integrated Project Delivery, IPD. Her jobber partene tett sammen i hele gjennomføringsfasen for å løse oppgaven til felles beste, og entreprenør og prosjekterende legger sin samlede fortjeneste i en felles pott (Multiconsult, 2017a).

3.3 Detaljprosjekteringsfasen

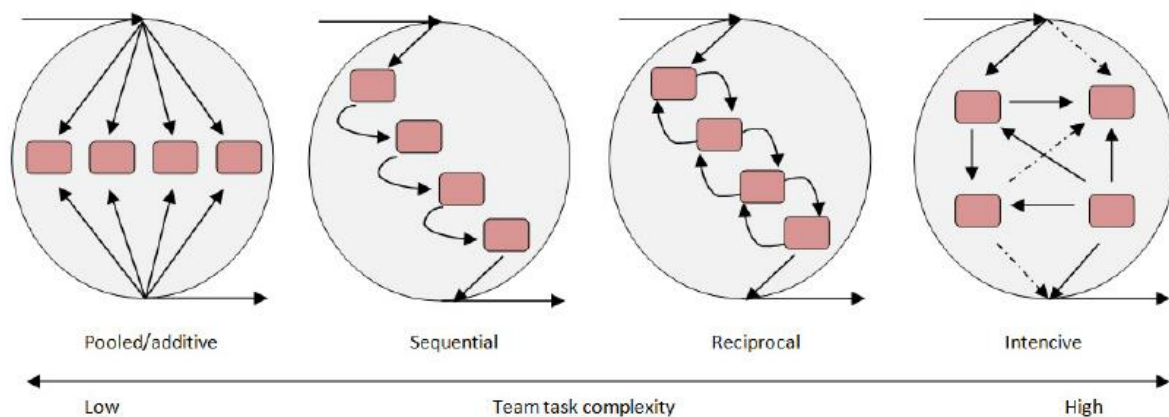
Prosjekteringsfasen kan deles inn i skisseprosjekt, forprosjekt, detaljprosjekt og gjennomføring. Fasene er illustrert i figur 7. Detaljprosjekteringsfasen innebærer valg av løsninger. Gjennom tegninger og beskrivelser skal detaljprosjekteringen gi detaljert informasjon om hvordan forprosjektets utforming skal omsettes i konkret bygging. I denne fasen skal ikke prosjektets ytre rammer eller form endres (Westgaard, et al., 2010). Overgangen mellom fasene kan være noe glidende, og ofte foregår det en parallell prosjektering og produksjon.



Figur 7: Prosjekteringsfasen

3.3.1 Avhengigheter og koordinasjon

Ifølge Knotten et al. (2015) er det fire forskjellige avhengigheter som oppstår i detaljprosjekteringen; gruppert, sekvensiell, gjensidig og intensiv avhengighet. Avhengighetene skisseres i figur 8. Man kan se at kompleksiteten på oppgaver øker fra grupperte avhengigheter til gjensidige og intensive avhengigheter.



Figur 8: Avhengigheter mellom aktiviteter (Knotten, et al., 2014)

De ulike typer avhengigheter krever ulik definisjon av arbeidsroller, organisasjonsstrukturer, stabilitet av teammedlemmer, og kommunikasjon. Intensive avhengigheter mellom prosjekteringsoppgaver krever mer samarbeid, med en høyere grad av synkron kommunikasjon. Gruppert avhengighet mellom prosjekteringsoppgaver er det motsatte og krever asynkron kommunikasjon. Oppgaver med høy kompleksitet trenger eksplisitte definerte roller og ansvar, der organisasjonen er transparent og teammedlemmene jobber kontinuerlig sammen i prosjektet (Svalestuen, et al., 2018).

I en prosjekteringsprosess kan de ulike avhengighetene skje samtidig. Flere av aktivitetene vil være grupperte, mens andre vil være enten sekvensielle, gjensidige eller intensive. Prosjekteringen er kjent for å være spesielt iterativ og gjensidig. Oppgaver blir repetert og har en gjensidig avhengighet. Prosjekteringsprosessen kan gjerne starte med en intensiv logikk der flere av aktivitetene avhenger av hverandre. Etter hvert, når kompleksiteten synker, blir aktivitetene gjensidige. Videre ut i prosjekteringen er aktivitetene i større grad sekvensielle (Knotten, et al., 2015).

I detaljprosjekteringen legges det premisser for produksjonen til de utførende disiplinene. Den tverrfaglige forberedelsen av aktivitetene gjør at det er viktig med god koordinering mellom fag og aktører. Det er mange interesser som skal ivaretas og det kan være vanskelig å innfri alles forventninger. I tillegg til koordinering mellom fag og aktører, finnes det andre årsaker til utfordringer knyttet til prosjektering. Det er gjerne ulikheter i tilgang og kompetanse om verktøy og teknologiske plattformer, og det kan være manglende forståelse og kompetanse til å gjennomføre samspillsprosessen. En svak forankring av prosessen kan også skape utfordringer (Skinnarland, 2016).

3.4 Prosjekteringsledelse

Det er viktig å skille mellom prosjekterende og prosjekteringsleder. Selv om grensesnittene mellom arbeidsoppgavene deres må defineres for hvert enkelt oppdrag er det vanlig å si at:

- De prosjekterende utøver rådgivning og prosjektering og utarbeider beskrivelser, beregninger, modeller og tegninger
- Prosjekteringslederen står for koordinering av økonomi, kvalitet, fremdrift og tverrfaglig kontroll (RIF, 2004).

Prosjekteringsleder skal representere prosjekteringsgruppen overfor prosjektleder og byggherre. Personen vil være et bindeledd mellom byggherre og rådgivere og mellom rådgivere og byggeleder (RIF, 2004).

Meland (2000) definerer prosjekteringsledelse som *"ledelse av prosessen med å lansere konseptidéer og bearbeide valgt idé til et ferdig, immaterielt produkt"*. Knotten et al. (2017) introduserer en nyere definisjon, nemlig at prosjekteringsledelse innebærer *"planlegging, organisering og styring av mennesker, deres kunnskaper og informasjonsflyt for å oppnå konkrete prosjektmål"* (Knotten, et al., 2017). Prosjekteringsledelse er en kompleks oppgave, og planlegging er en viktig del av denne. Det er i prosjekteringsfasen man planlegger hvordan man skal nå kundens mål i løpet av produksjonsprosessen.

3.4.1 Prosjekteringsledelsens arbeidsoppgaver

Rådgivende ingeniørers forening (RIF) har i sin veileder for prosjekteringsledelse definert flere aktuelle oppgaver i forbindelse med prosjekteringsfasen. Oppgavene som omhandler planlegging og fremdrift trekkes frem:

- Styre, koordinere og rapportere fremdrift i prosjekteringsarbeidet
- Avklare og avtale grensesnitt mellom rådgiverne
- Lage dokumentplaner som viser til hvilken tid de enkelte dokumenter/tegninger skal foreligge i forskjellige statusnivå
- Lage rapporter for prosjekteringsarbeidet

Det er samtidig definert aktuelle arbeidsoppgaver i forbindelse med tids- og fremdriftsplaner. Noen av disse oppgavene trekkes frem under.

- Utarbeide fremdriftsplan for prosjekteringsarbeidet. Revidere planen etter avtale med byggherre. Planen skal være i samsvar med hovedfremdriftsplanen for prosjektet.
- Identifisere problemområder og sørge for avklaring i så god tid at fremdriften ikke hindres.
- Koordinere fremdriften i prosjekteringsarbeidet mot arbeidet hos byggherren, brukere og andre interesseorganisasjoner.
- Utarbeide en samlet fremdriftsplan for alle aktiviteter som har betydning for gjennomføring av planlegging og prosjektering (RIF, 2004).

3.5 Fremdriftsstyring

Formålet med fremdriftsstyring er ifølge ProsjektNorge (u.d.-b) først å få laget en tidsplan til prosjektet, samt deretter å følge opp fremdriften for aktivitetene i tidsplanen. Tidsplanen viser hvordan man har tenkt å gjennomføre prosjektet med hensyn på tid. Den gir en oversikt over prosjektets faser, milepæler, aktiviteter, hvordan disse avhenger av hverandre, samt en oversikt over ressurspersonene som trengs for å gjennomføre aktivitetene (ProsjektNorge, u.d.-b).

Oppfølging og styring av fremdrift handler om innhenting og rapportering av fremdrift på alle aktiviteter, identifisering av kritiske elementer, og styring av tidsusikkerheten i planleggingen (ProsjektNorge, u.d.-b).

3.5.1 Tidsplanlegging og PNS

Tidsplanlegging er en av de sentrale oppgavene til prosjekteringsledelsen. Arbeidet med planleggingsprosessen blir ofte strukturert med en prosektnedbrytningsstruktur (PNS) (Meland, 2000). PNS er en systematisk måte å dele opp et prosjekt på. Den kan være til stor hjelp om en ønsker å lage en god og gjennomtenkt fremdriftsplan. Det er en fordel å vite hvilke aktiviteter som skal inn i fremdriftsplanen før en starter med å sette den opp. PNS går ut på å definere de største delene av et prosjekt, dele disse delene opp i mindre og mindre arbeider til man står igjen med aktiviteter med konkrete og avgrensede oppgaver (Hinze, 2011). Detaljeringsgraden øker for hvert nivå nedover, og varierer med størrelsen, varigheten og kompleksiteten til prosjektet. Det laveste nivået er viktig fordi det er dette som vil være det mest detaljerte nivået man rapporterer fremdrift og kostnader mot. Elementet på dette nivået kalles gjerne en arbeidspakke eller leveransepakke (Rolstadås, 2011).

En PNS skal beskrive 100% av arbeidsomfanget. Den gir deg og kunden oversikt over tid og budsjett, og gjør det lettere å forholde seg til endringer (Myrtrøen, 2018). En enkel PNS for bygging av et hus er illustrert i figur 9.



Figur 9: PNS for bygging av hus (Myrtrøen, 2018)

3.5.2 Oppfølging av fremdrift

Hovedoppgaven ved planlegging er å koordinere aktiviteter og ressurser over tid, slik at målene nås og rammer overholdes uten unødvendig bruk av ressurser. Oppfølging av det som er planlagt og gjort er også en viktig oppgave for prosjekteringslederen. Dette innebærer måling og kontroll (Meland, 2000). Prosjekteringsleder har ansvar for, og må etablere rutiner for, rapportering av fremdrift (Westgaard, et al., 2010).

Oppgaven oppfølging kan deles opp i to oppgaver:

- Registrere fremdrift
- Iverksette korrektive tiltak

Både under planlegging og oppfølging benyttes de tre styringsvariablene *arbeidsomfang*, *tid* og *kostnad* (Rolstadås, 2011). Planer for disse variablene er ofte nedfelt i egne dokumenter som Rolstadås (2011) refererer til som *prosjektoppfølgingsreferanse*. I løpet av prosjektgjennomførings-fasen vil dokumentene bli revidert periodisk. Dette kalles gjerne en *baseline*. Gjennom et prosjekt har man da baseline 1, 2, 3 osv. Det vil si at man skiller mellom "opprinnelig" og "gjeldende" for alle plandokumenter. I prinsippet skal ikke den opprinnelige referansen oppdateres, men dersom prosjektets forutsetninger blir vesentlig endret, kan den likevel oppdateres på ad hoc basis (Rolstadås, 2011).

Prosjektoppfølgingsreferansen inneholder en oppdeling av arbeidsomfanget ned til et antall arbeidspakker hvor en for hver enkelt pakke angir kostnad, tid og ressurs. Denne informasjonen samles på et eget skjema som kalles et KTR-ark (Kost-Tid-Ressurs). Her angir man en beskrivelse av arbeidets omfang, samt de nødvendige plandata. Alle KTR-arkene kan samles i en KTR-katalog. Denne vil da beskrive alle arbeidsoppgaver i prosjektet, når de skal utføres, hva de skal koste og hvor mye ressurser de krever. Dette er et viktig styringsverktøy for alle prosjekter (Rolstadås, 2011).

3.5.3 NS 8402

NS8402 er en av de mest vanlige kontraktene rådgiver inngår med oppdragsgiver. Kontrakten er basert på honorar etter medgått tid. I denne kontrakten står det at oppdragsgiver kan kreve at rådgiveren utarbeider en fremdriftsplan for oppdraget. Planen skal justeres slik at den til enhver tid omfatter de aktivitetene som er nødvendige for utførelsen av oppdraget. Dersom fremdriftsplanen, frister eller rimelig fremdrift ikke kan holdes, skal oppdragsgiver varsles uten ugrunnet opphold (Standard Norge, 2010). Det er vanlig å gi månedlige statusrapporter til oppdragsgiver.

3.6 Tradisjonelle metoder for fremdriftsstyring

Fremdriftsstyring vil bidra med rik styringsinformasjon ved å gi grunnlag for å beregne avvik knyttet til prosjektets fremdrift opp mot planlagt tid og kostnad. Samtidig vil det kunne bidra til god intern samhandling og kommunikasjon, samt gi et grunnlag for god kontroll over prosjekter (Rolstadås, 2011). Likevel er informasjon om fremdrift ofte ikke samlet gjennom objektive metoder eller kriterier, men hovedsakelig basert på individets egen erfaring eller subjektiv vurdering. Dette resulterer i begrensninger for konsistens, objektivitet og nøyaktighet i fremdriftsstyringen (Chin, et al., 2004). I følgende kapittel beskrives de mest brukte metodene for fremdriftsmåling og -rapportering i prosjektering.

3.6.1 Dokument- og tegningslister

Måling av fremdrift i prosjektering er vanligvis knyttet til produksjon av tegninger og dokumenter i detaljprosjekteringsfasen. Eldin (1991) beskriver at den vanlige praksisen ved å nesten utelukkende være avhengig av "drawing control log" (DCL) som et rapporteringsverktøy bør revalueres. Det antas at DCL tilsvarer en tegningsliste/dokumentliste. Tegningslister er prosjektdokumenter som viser prosjekttegningene etter nummer og tittel. De inneholder vanligvis informasjon som budsjettert timeverk, bruk av timeverk, prognose for timeverk til ferdigstillelse, prosent fullført, planlagte start- og sluttdatoer, og faktiske start- og sluttdatoer for hver tegning (Eldin, 1991). Tabell 8 viser et eksempel på hvordan en tegningsliste kan se ut.

Tabell 8: Eksempel på tegningsliste. Inspirert av (Eldin, 1991)

Tegningsnr. / beskrivelse	Timeverk brukt	Prosent fullført	Prognose til ferdigstillelse	Planlagt dato		Faktisk dato	
				Start	Slutt	Start	Slutt

Det å kun bruke tegninger og dokumenter som grunnlag for å måle og rapportere fremdrift har mange ulemper. For eksempel er nøkkeldata som timeverksprognoser og prosent fullført faktorer som ofte bestemmes subjektivt. Planlagte datoer er også ofte subjektive innspill til tegningslisten. Andre ulemper er variasjoner i dokumentformat og innhold i prosjekter, subjektivitet i fremdriftsvurdering, og vanskeligheter med å oppnå nøyaktig timeverksdata (Georgy, et al., 2005).

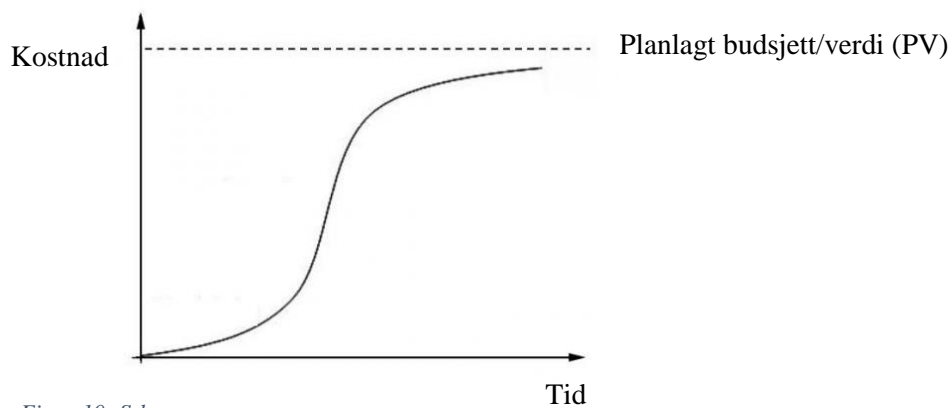
Denne tradisjonelle metoden behandler hver tegning som en selvstendig oppgave uten systematisk integrasjon med andre prosjektdokumenter med hensyn til budsjett, tidsplan, fremdrift, ytelse og prognoser. Bruken av tegningslister gir ingen reell prosjektkontroll over utviklingen av prosjektdokumenter da en kun får tilbake det en subjektivt la inn på tegningslisten (Eldin, 1991). Ved å se kun på det som produseres, for eksempel antall tegninger, vil parametere som tid og prestasjon ignoreres. Man får ikke med seg hva som egentlig er oppnådd for pengene som er brukt. Dokumentplanen eller tegningslisten er fremdeles viktig for planlegging av fremdrift og arbeid, men ofte ikke tilstrekkelig for oppfølging av fremdrift.

3.6.2 Inntjent verdi

Inntjent verdi er en metode for prosjektoppfølgning. Denne metoden integrerer både tid, kostnader og prosjektprestasjon for å måle prosjekters fremgang og resultater. Det er en metode som brukes hyppig i byggeprosjekter. Prinsippet med inntjent verdi går ut på å måle hva som faktisk er utført, og sammenligne dette med hva som er planlagt utført (Rolstadås, 2011).

Planlegging

Man kan følge opp prosjekter både på tid og på arbeidsomfang, noe som egentlig er to sider av samme sak. En aktivitetsplan, som for eksempel er tegningsliste, blir fortsatt utarbeidet og tatt utgangspunkt i. Det som skiller planen fra en vanlig aktivitetsplan er at man fører inn ressursbruk/kostnadsbruk som et uttrykk for arbeidsomfanget. Det kan settes opp i et Gantt-diagram der man summerer og akkumulerer ressursbruket for hver aktivitet per uke eller måned. Linjen med akkumulerte kostnader kan man lage en graf av, kalt s-kurve. Grafen illustrerer prosjektets kostnads- og ressursbruksestimat. Den viser den planlagte verdien til prosjektet (PV). Kurven kan brukes som referanse for all videre verdiskaping i prosjektet og som utgangspunkt for oppfølging på tid og kost (Wiik, 2011). S-kurven er illustrert i figur 10.

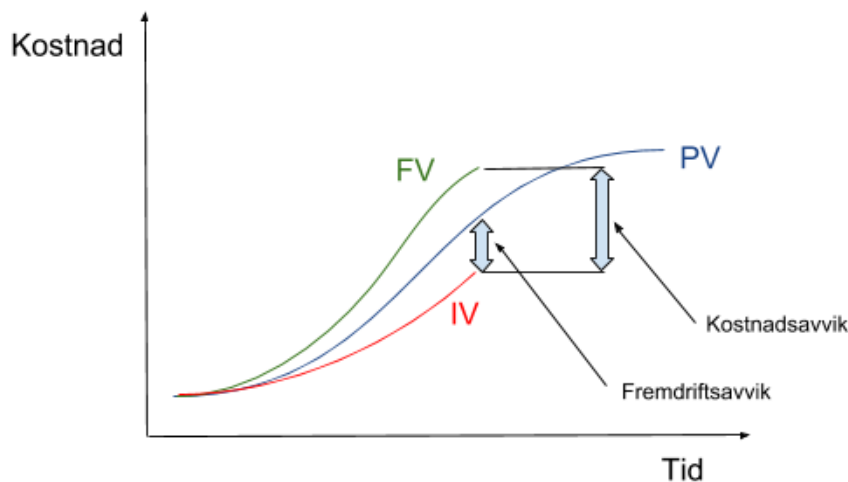


Figur 10: S-kurve

Oppfølging

Når man følger opp prosjektet legger man inn en ekstra linje for inntjent verdi (IV). Faktisk utført arbeid blir målt med referanse i verdiskalaen fra planlagt verdi. Kurven for inntjent verdi kan legges inn i grafen fra figur 5. Da er det mulig å se om hvor langt man har kommet. Dersom den inntjente verdien er lavere enn den planlagte har man et *fremdriftsavvik*. Man kan også se hvordan prosjektet eller aktiviteten kommer til å gå videre, det vil si hva som gjenstår.

Det er samtidig mulig å se på hva dette egentlig har kostet, nemlig den faktiske verdien (FV). Det kan lages en ny graf i s-kurven som forteller oss utviklingen av de faktiske kostnadene. Dersom faktiske kostnader er høyere enn inntjent verdi har man et *kostnadsavvik*. Den oppdaterte s-kurven er illustrert i figur 11.



Figur 11: Oppdatert s-kurve

Rapportering

En statusrapport viser direkte andel ferdig, mens en fremdriftsrapport viser status sammenholdt med planen (Rolstadås, 2011). I forbindelse med den månedlige rapporteringen til kunden er det vanlig å levere en samlet oversikt over timer og personell på de ulike aktivitetene. Selve fremdrifts-rapporten kan vise påløpte timer hittil i år, hittil i prosjektet og påløpt denne måneden, samt oversikt over status på tillegg og endringsmeldinger. Fremdrift i tid angis gjerne ved hjelp av en frontlinje på fremdriftsplanen. Til slutt fremvises gjerne en prognose for gjenstående arbeid (Statens vegvesen, 2010). På denne måten kan det kontinuerlig vurderes om det er avdekket behov for merarbeid ut over budsjettrammen, og som krever endring av rammen.

Prestasjonsindekser

S-kurvene sier noe om prestasjonen til prosjektet med tanke på fremdrift og kostnadsbruk. Det er mulig å regne ut en *fremdriftsprestasjonsindeks* (FPI), som er definert som forholdstallet mellom den inntjente og den planlagte verdien (IV/PV). FPI sier noe om hvor effektivt prosjektet utnytter tiden avsatt til prosjektet (ProsjektNorge, u.d.-a). Verdier over 1 tilsier at man er bedre enn estimatet eller tidsplanen, mens verdier under 1 indikerer at man ligger bak fremdriftsplanen.



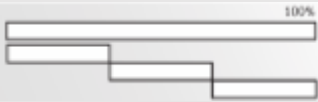

Produktivitetsindeksen, eller *kostnadsprestasjonsindeksen* (KPI), er definert som hva har vi faktisk fått skapt i forhold til hva det har kostet (IV/FV). KPI viser med andre ord hvor effektivt prosjektets ressurser utnyttes (ProsjektNorge, u.d.-a). På samme måte som for FPI indikerer en KPI over 1 at prosjektet ligger under budsjettet, mens en verdi under 1 indikerer budsjettoverskridelse.

3.6.3 Teknikker for å måle fremdrift

Bestemmelsen av hvilke teknikker som skal brukes til å måle en bestemt aktivitet, er en vurdering som prosjektledelsen gjør, og som vil variere etter prosjekt. Det er jobben til prosjektgruppen å velge riktig måleteknikk som best støtter deres behov. Planlegging, måling og konsekvent bruk er nøkkelementer for å få en vellykket implementering av inntjent verdi (Fleming & Koppelman, 2010).

En rekke metoder har vært brukt for måling av fremdrift gjennom årene. De fire mest vanlige metodene, ifølge Fleming & Koppelman (2010) er vist i tabell 9. Her er også fordelene og ulempene for de ulike metodene oppsummert.

Tabell 9: Fordeler og ulemper ved metodene for fremdriftsmåling. Basert på (Fleming & Koppelman, 2010)

Metode	Fordeler	Ulemper
<p><i>Milepæler med veide verdier</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Lett å bruke • Enkel å forstå • Krever objektive, målbare milepæler, som de fleste kunder og prosjektledere foretrekker 	<ul style="list-style-type: none"> • En vanskelig metode for å planlegge og deretter administrere • Krever detaljert milepælsplanlegging • Tillater ikke delvis kreditt for arbeid i prosess
<p><i>Fast formel 25/75, 50/50, 75/25, etc.</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Enkel å forstå • Krever minimal innsats for å bestemme status • Fungerer bra for kortvarige arbeidspakker 	<ul style="list-style-type: none"> • Krever svært detaljerte og kortvarige arbeidspakker • Ikke veldig effektiv for langvarige arbeidspakker
<p><i>Prosent fullført estimat</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Enklest å administrere av alle metodene • Rask • Detaljert planlegging på milepælnivået er ikke nødvendig 	<ul style="list-style-type: none"> • Kan være svært unøyaktig og misvisende • Kundetilfredshet kan være lav på grunn av subjektiviteten og mangelen på detaljert planlegging
<p><i>Prosent fullført med milepælsporter</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • God balanse mellom enkel og nøyaktig måling • Krever objektive, målbare milepæler, som de fleste kunder og prosjektledere foretrekker • Tillater delvis kreditt mot milepæl 	<ul style="list-style-type: none"> • Krever dokumentasjon av vurderingsmetoden • Krever en ansvarlig for vurdering av prosentandelen som er fullført for hver milepæl

3.6.4 Fordeler med inntjent verdi

Fordelene med bruk av inntjent verdi er blant annet:

- Gjør fremdrift målbar
- Kan oppdage og kommunisere avvik tidlig
- Godt verktøy for kontroll av ytelse
- Skaper et transparent middel for å formidle resultater
- Kan se hvor avvikene finnes ned på arbeidspakkenivå

Inntjent verdi tallfester fremdriften og gjør den målbar ved å sammenligne planlagt og faktisk fremdrift. Det måles som regel ut fra tid eller kostnad, eller begge. Bruk av timeverk er mest vanlig i prosjektering. Prosjekteringsfasen har færre variabler å følge opp enn byggefasen, og budsjettet og fremgangen er mer direkte relatert til timeverk (Eldin, 1991).

Metoden gjør at man kan oppdage og kommunisere avvik tidlig, i både tid og kostnad. S-kurven er et visuelt styringsverktøy som genererer både spørsmål og svar. Det brukes til å se trender i prosjektet uten å måtte lese noe. Ved hjelp av kurven kan prosjektleder kommunisere status og kvalitetssikre egen plan tidlig i prosjektet. Metoden kan også brytes ned i henhold til PNS (ProsjektNorge, u.d.-a).

Vargas (2003) konkluderer med at inntjent verdi-metoden er et kraftig verktøy for kontroll av ytelse i prosjekter. Dette gjelder dog i prosjekter med et klart definert omfang og med ansatte som har erfaring i bruk av verktøyet (Vargas, 2003).

Griffin (2013) skriver at inntjent verdi kan bygge tillit mellom forretningspartnere fordi det skaper et transparent middel til å formidle resultater på en informativ og nyttig måte. I stedet for å bruke det for å skjule prestasjoner fra klienter eller kunder, kan metoden skape en konstruktiv dialog mellom partnere ved å la alle fokusere på hvor problemene oppstår. Griffin (2013) peker også på at du vil få en innsikt i prosjektet ditt som ikke er tilgjengelig på annen måte. Du får vite nøyaktig hvor avvikene finnes helt ned til arbeidspakkenivå, og du vil få solide indikasjoner på hva som må fokusere på å bringe prosjektet tilbake i kontroll (Griffin, 2013).

3.6.5 utfordringer med inntjent verdi

Det er flere utfordringer med inntjent verdi. Her nevnes:

- Utfordrende å oppdatere manuelt
- Kan manipuleres
- Krever god planlegging
- Vanskelig å måle fysisk fremdrift på en god måte
- Gir ikke informasjon om det er jobbet med prioriterte oppgaver eller ikke
- Forteller ikke hvordan man kan rette avvik
- Avhengig av nøyaktig data
- Tar ikke hensyn til kvalitet

Det å oppdatere manuelt i et komplekst prosjekt kan være utfordrende. Metoden er samtidig avhengig av god rapportering og evaluering, og kan i prinsippet manipuleres (ProsjektNorge, u.d.-a). Rolstadås (2011) forklarer blant annet at inntjent verdi er gjerne hentet fra fremdrift på tegninger. En tegning kan bli vurdert som ferdig selv om den har flere mangler, da prosjekter gjennomføres under sterkt tidspress og med en planlagt bemanningskurve (Rolstadås, 2011).

En annen utfordring omhandler planlegging. Selv om metoden er enkel i bruk krever den at det er utarbeidet en skikkelig tidsplan fra starten. Dersom planen er urealistisk fra starten av blir resultatene påvirket av dette (ProsjektNorge, u.d.-a).

Rolstadås (2011) peker på flere problemer med inntjent verdi. For det første er det vanskelig å måle fysisk fremdrift av prosjekteringen på en eksakt og god måte. Samtidig gir ikke metoden informasjon om det er arbeidet med prioriterte oppgaver eller ikke. På denne måten gir den ingen indikasjon på hvordan prosjektet ligger an tidsmessig. Det er med andre ord mulig at fysisk fremdrift er i henhold til planen, men at prosjektet er forsinket fordi en har arbeidet med andre aktiviteter enn de som er kritiske.

Griffin (2013) trekker frem fire begrensninger ved inntjent verdi-metoden. For det første forteller ikke verdien deg hvordan du kan rette avvik. Inntjent verdi-beregningene viser at en variasjon eksisterer, og finner ut hvor, men det gir ikke korrigerende tiltak. Prosjektledelsen må selv avgjøre hva som førte til variansen og hvordan det kan korrigeres. For det andre kan inntjent verdi-data bli manipulert. Hvis rapportene ikke inneholder tilstrekkelig støtdata som er bekreftet, kan noen manipulere tallene slik at resultatene ser gunstige ut. Den beste måten å unngå dette på er å skape et miljø som oppfordrer folk til å rapportere ugunstig ytelse tidlig, slik at korrigerende tiltak kan tas tidlig. For det tredje er inntjent verdi avhengig av nøyaktig data. En prosess må være på plass for å fange nøyaktige og relevante data. For det fjerde er kvaliteten ikke direkte betraktet som en del av inntjent verdi. Man kan ikke bare stole på den inntjente verdien for å måle prosjektets ytelse, du må se det som et verktøy som kan gi litt innsikt, men ikke all informasjon som kreves for å sikre at prosjektet fungerer bra (Griffin, 2013).

Lukas (2008) har, basert på egne erfaringer, listet opp de ti viktigste grunnene til at inntjent verdi-metoden ikke fungerer. Disse er; ingen dokumenterte krav, ufullstendige krav, ikke brukt eller akseptert PNS, ufullstendig PNS, ikke integrert planen (PNS-plan-budsjett), planleggings- og/eller budsjettfeil, endringsledelse ikke brukt eller ineffektiv, kostnadsinnsamlingssystemet er utilstrekkelig, feil fremdrift og ledelsesinnflytelse og/eller –kontroll.

Punktene over illustrerer viktigheten av å ha komplette krav og en god prosjektplan, som inkluderer PNS for å fullt ut dokumentere omfanget, og en tidsplan og kostnadsoverslag som er integrert i PNS. Hvis prosjektet ikke har disse elementene på plass, vil inntjent verdi-metoden gi unøyaktige og villedende resultater, og det vil ikke være verdt tid og krefter (Lukas, 2008).

3.7 BIM

Bygningsinformasjonsmodell eller bygningsinformasjonsmodellering, også kalt BIM, simulerer byggeprosjektet i et virtuelt miljø. Med BIM-teknologi er en nøyaktig virtuell modell av en bygning digitalt konstruert (Eastman, et al., 2011). Modellen kan brukes til planlegging, prosjektering, bygging og drift av bygget. Den hjelper arkitekter, ingeniører og utførende til å visualisere hva som skal bygges i et simulert miljø for å identifisere potensielle design-, konstruksjons- eller driftsutfordringer. BIM er ikke bare et verktøy, men også en prosess (Azhar, 2011). Forfatteren skriver at BIM representerer et nytt paradigme innenfor bransjen, en som oppfordrer til å integrere rollene til alle interessenter på et prosjekt.

3.7.1 Bruksområder

BIM har mange bruksområder og gir flere fordeler. Prosjekteringsgruppen kan bruke BIM til å vurdere eventuelle feil og mangler, analysere løsninger og visualisere prosjektet. Azhar (2011) nevner bruksområder som:

- Enkelt lage tegninger fra 3D-modellen.
- Kostnadsestimering. Materialmengder blir automatisk ekstrahert og oppdatert når endringer gjøres i BIM-modellen.
- Gjøre beregninger. Belastningsberegninger kan gjøres etter objektene sine egenskaper direkte i modellen.
- Sjekke om objekter kolliderer med hverandre. For eksempel kan kollisjonskontroller sjekke at et rør ikke krysser med en bjelke eller en vegg.
- Lage mengdelister over alle objektene i BIM-modellen.

BIM er stadig i utvikling. Ved å tilføre en ekstra dimensjon i 3D-modellen, nemlig tid, vil modellen kunne benyttes i fremdriftsplanlegging. Fremdriftsplanen legges til 3D-modellen og vi får en 4D-modell (Eastman, et al., 2011). På denne måten kan fremdriften visualiseres og videre rapporteres ved bruk av modellen.

3.7.2 Åpen BIM

Åpen BIM er betegnelsen på en bygningsmodell eller en prosess hvor filformatet for modellen er IFC. Det åpne og internasjonale filformatet gjør at *"modeller fra ulike IFC-kompatible prosjekteringsverktøy (og fra ulike fag) kan utveksles, sammenstilles, kontrolleres og analyseres som en helhet"* (Byggeindustrien, 2016). Det vil si at aktørene kan utveksle komplekse modeller med hverandre uten å benytte den samme programvaren (buildingSmart, 2014). Dette skaper en effektiv og jevn informasjonsflyt og informasjonsdeling i prosjekteringsprosessen. For å kunne visualisere og rapportere fremdrift fra BIM-modellen er det viktig at disiplinene benytter seg av åpen BIM. I de største prosjektene forplikter aktørene seg allerede i anbudprosessen til krav om åpen BIM.

I nyere kontraktsmodeller, som for eksempel IPD, gjelder en utstrakt bruk av åpen BIM, ikke bare i 3D, men også når det gjelder fremdrift, kostnader og FDV (Tønsbergprosjektet, 2017). Åpen BIM kan åpne opp for nye og mer effektive måter å samarbeide og arbeide på. Virtual Design and Construction, VDC, er en metodikk som innebærer styring av integrerte tverrfaglige prestasjonsmodeller. Det er en måte å komme opp med en ideell strategi for et gitt prosjekt som inkluderer de riktige menneskene og den rette teknologien. VDC legger vekt på samarbeid og integrert arbeid, og baserer seg på åpen BIM (Fischer, et al., 2017).

3.8 Fremdriftsstyring ved bruk av BIM

Som nevnt i kapittel 3.5.1, Tidsplanlegging og PNS, deles prosjekter gjerne inn i en prosjektnebdrytningsstruktur der aktivitetene deles inn i ulike leveransepakker. For å kunne styre prosjekteringsforløpet i BIM må leveransepakkeene gis en verdi eller status. Det er flere måter å gjøre dette på. I dette kapitlet beskrives tre ulike systemer som beskriver utviklingsnivået og modenheten til objekter i en BIM-modell; Level of Development, Modell Modenhets Indeks og buildingSmart sine prosessstatuskoder. Kapitlet vil også beskrive hvorfor BIM bør brukes til å rapportere og visualisere fremdrift i prosjekter.

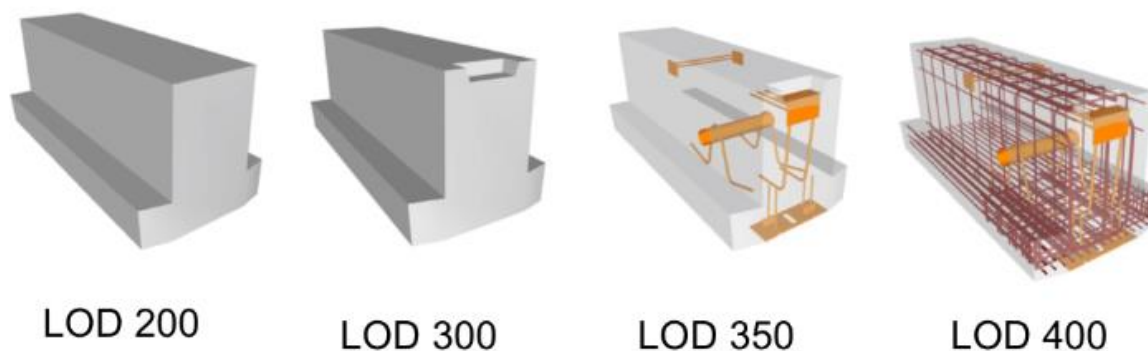
3.8.1 Level of Development (LOD)

Vico Software introduserte Level of Detail, LOD, i 2004 som følge av behovet for kostnadsestimering i modellbasert prosjekteringsarbeid (Garcia, et al., 2018). Det ble opprinnelig utviklet som en måte å definere pålitelighet og egnethet av modellelementer til bruk i automatisk kostnadsberegning. Systemet ble kalt "Level of Detail" og fikk akronymet LOD (Bedrick, 2008). LOD ble da et mål på hvor definitivt eller endelig et element er når det gjelder kostnader. For eksempel betyr LOD 100 ikke veldig definitiv, og elementet er beskrevet som et område eller volum. LOD 200 forutsetter at antall elementer i modellen er riktig, og et estimat for hver komponent er nøyaktig. I LOD 300, identifiseres elementer og faktiske kostnader kan brukes. LOD 400 er et mål på hva som faktisk har blitt levert, slik at det kan brukes til å vurdere utbetalinger (Garcia, et al., 2018).

American Institute of Architects (AIA) bestemte i 2008 at systemet ville være et godt verktøy å bruke på alle bruksområder av en BIM-modell, fra energianalyse til 5D-programmering. AIA ga systemet et nytt navn, *Level of Development*, fordi Level of Detail kan forvirres med mengden informasjon, i stedet for avgjørende informasjon. Navneendringen understreket betydningen av at dette ikke bare handler om geometriske funksjoner, men om alt BIM-innholdet for hver av elementene (Garcia, et al., 2018). Både Level of Development og Level of Detail har den samme forkortelsen, LOD, så det oppstår fortsatt forvirringer (Bedrick, 2008).

AIA utviklet en LOD-definisjon som beskriver hvordan BIM-elementene utvikler seg gjennom prosjektet, som spenner fra det laveste nivået, LOD 100, til det høyeste, LOD 500. Hvert nivå over inneholder informasjonen fra underliggende nivå (BIMForum, 2017). BIMForum (2017) beskriver hvert nivå slik:

- **LOD 100:** Grafisk representasjon i modellen som et symbol eller et generisk objekt.
- **LOD 200:** Grafisk representasjon i modellen som et generisk objekt med omtrentlige mengder, størrelse, form, plassering og orientering.
- **LOD 300:** Grafisk representasjon i modellen som en bestemt gjenstand med mengder, størrelse, form, plassering og orientering.
- **LOD 350:** Grafisk representasjon i modellen som en bestemt gjenstand med mengder, størrelse, form, plassering, orientering og grensesnitt med andre systemer.
- **LOD 400:** Grafisk representasjon i modellen som en bestemt gjenstand med mengder, størrelse, form, plassering og orientering med detaljering, fabrikkasjon, montering og installasjonsinformasjon.
- **LOD 500:** En feltverifisert representasjon med hensyn til størrelse, form, plassering, kvantitet og orientering.



Figur 12: LOD-fremdrift av geometrisk detalj (Grani, 2016)

LOD er med andre ord brukt til å beskrive hvor utviklet en BIM-modell er. Et eksempel på fremdrift av en geometrisk detalj er vist i figur 12. Tanken er at en LOD-status tilskrives objekter i forbindelse med standardiserte, gjenbrukbare lister. På denne måten er en viss informasjonskvalitet på et gitt punkt garantert. En utfordring med å bruke BIM til prosjektering er at det er vanskelig å vite hva som faktisk er å stole på i modellen. Ved å supplere modellutviklingen vil LOD med større sikkerhet garantere en viss kvalitet på informasjonen i modellen (Hooper, 2015).

Sporing av modelleringsarbeidets fullstendighet er et viktig krav for å kunne måle fremdriften. Samtidig er det en utfordring, fordi prosjekterings fullstendighet er avhengig av både geometriske detaljer og tekniske egenskaper relatert til modellen. Å måle modelleringsobjekters LOD er en delvis løsning som fokuserer på geometrisk detaljnivå av objektene. Samtidig er ikke analyser og dokumenter som ligger til grunn for prosjekteringen sikret når det gjelder fullstendighet, og heller ikke relatert til elementene i modellen (Eray, et al., 2018). Det er ikke etablert prosesser og beregninger som på en pålitelig måte kan måle fremdriften av en modellbasert prosjekterings-prosess som en funksjon av modenhet av modellen og dataene som støtter prosjekteringsprosessen (Garcia, et al., 2018).

3.8.2 Modell Modenhets Indeks (MMI)

CII publiserte i 2017 Model Maturity Index (MMI) og Model Maturity Risk Index (MMRI) Toolkit for å løse kunnskapsgapet i forbindelse med LOD, som er beskrevet i kapittel 3.8.1. MMI-definisjonene ble utviklet for å måle modenhet og fremdrift i en modelldrevet prosjekteringsprosess. Man kan vurdere kvaliteten og modenheten til de modellerte objektene i BIM (Eray, et al., 2018).

Objektene blir kategorisert i et sett med MMI-nivåer som spenner fra MMI 100 til MMI 600 (Garcia, et al., 2018). MMI-nivåene reflekterer både grafisk og ikke-grafisk informasjon knyttet til modellerte leveranser (Eray, et al., 2018). MMI beskriver med andre ord modningsgraden av objekter i BIM-modeller, både med tanke på geometri og informasjonsinnhold, ved bruk av tallkoder. Tabell 10 viser de originale engelske verdiene og dens navn.

Tabell 10: MMI-nivåer

MMI-nivå	100	200	300	350	400	500	600
Navn	Preliminary	Design-specified	Confirmed	Approved	Issued for construction	As-built	FM-enabled

Bransjeorganisasjonene EBA, RIF og Arkitektbedriftene har stått bak utvikling av en norsk veileder for Modell Modenhets Indeks (MMI). Bakgrunnen for veilederen er at næringen trenger et felles standardisert språk som kommuniserer ferdiggraden av objektene på en entydig måte. Publikasjonen har som formål å beskrive et felles standardisert språk, *"i den hensikt at det kan danne grunnlag for å etablere interne rutiner og felles terminologi i egne prosjekt"*. Innføringen av begrepet MMI har også som hensikt å demme opp mot usikkerheten rundt forkortelsen LOD (Fløisbonn, et al., 2018).

I den norske publikasjonen er det beskrevet at MMI baserer seg på en prosess hvor modenheten til en modell rangeres på en skala fra 100 til 500, med konkrete steg definert på veien fra "Skisse" som leder til en skisse på MMI 100 til "Som bygget" på MMI 500. På MMI 200 har man et ferdig konsept, ved MMI 300 er modellen klar for tverrfaglig kontroll, ved MMI 350 er tverrfaglig kontroll utført, og entreprenør og byggherre kan se på modellen, og ved MMI 400 er produksjonsunderlaget klart (Fløisbonn, et al., 2018). Tabell 11 viser MMI-definisjonene og hvilken farge de tilsvarer.

Tabell 11: Modellmodenhetsindeks (Fløisbonn, et al., 2018)

MMI – Modell Modenhets Indeks		
MMI	Navn	Beskrivelse
MMI 100	Skisse	Prosessene frem mot MMI 100 innebærer å etablere ett eller flere forslag til løsning. Objekter ved MMI 100 er å anse som et skisseforslag. Dette innebærer at det kan være modellert flere alternative forslag til løsninger og at det kan skje større endringer i design på kort tid. I prosessen frem mot MMI 200 velges løsninger og konsepter.
MMI 200	Ferdig konsept	Objektene er å anse som gjennomarbeidet med tanke på design av konseptuell løsning. Det forutsettes at det ikke forekommer større endringer i konseptene som påvirker andre fag etter MMI 200.
MMI 300	Klar for tverrfaglig kontroll	Ved MMI 300 skal objektene være koordinerte innen enkeltdisipliners modeller. Objekter relevant for tverrfaglig koordinering skal være modellert og ikke være i konflikt med andre objekter i samme disiplin. Objektene skal ha riktig størrelse og plassering.
MMI 350	Utført tverrfaglig koordinering	Ved oppnådd MMI 350 skal objektene være tverrfaglig koordinert med hensyn til alle objekter i tilgrensende disipliner. Tverrfaglig koordinering vil ofte være en iterativ prosess, først ved slutført koordinering mellom alle tilgrensende disipliner oppnår objektene denne statusen.
MMI 400	Produksjonsunderlag	Status som produksjonsunderlag forutsetter at objektene er kontrollert og godkjent for bygging. Eventuelle konflikter eller innspill til endring av design sendes til prosjekterende disipliner for gjennomgang. Ved utsjekk av alle tilbakemeldinger, er objektet klar for produksjon, MMI 400.
MMI 500	Som bygget	Avhengig av krav til "som bygget"-dokumentasjon oppdateres modellene i henhold til denne statusen av de prosjekterende.

Veilederen beskriver at det er hensiktsmessig å planlegge modenheten i form av definerte områder eller soner i prosjektet. Sonene defineres geometrisk i verktøy som benyttes til kollisjonskontroll. Da kan en systematisk kontrollere soner av bygget i henhold til modenheten på modellene. MMI er også egnet for planlegging av prosjekteringsleveranser. MMI-kodene benyttes av disiplinene til å planlegge sine egne leveranser i soner av prosjektet og signalisere behov for BIM-leveranser fra andre fagdisipliner. Et eksempel på bruk av MMI i prosjekteringsplanlegging er vist i figur 13.

Ukenr.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Milepæler											MMi 300		MMi 350		MMi 400	
Entreprenør																
Arkitekt																
RIB																
RIV																
RIE																
BIM																

Figur 13: Bruk av MMI i prosjekteringsplanlegging (Fløisbonn, et al., 2018)

Nøklebye (2018) skriver at det er praktisk å styre MMI på en seksjon, og kombinere flere objekter innenfor samme rom, etasje, osv. i større deler av BIM-modellen. Mengden informasjon innenfor en seksjon bør forbli forståelig, slik at alle prosjektdeltakere forstår den generelle utviklingen. Både seksjonene eller sonene som er definert i prosjektet kan spesifiseres basert på leveransepakke i PNS per prosjektdisiplin (Nøklebye, 2018). Alle gjeldende MMI-krav må fylles ut før den delen kan gå til det neste MMI-nivået (Garcia, et al., 2018).

3.8.3 Prosesstatuskoder fra buildingSmart Norge

BuildingSmart Norge kom i 2014 ut med et sett med prosessstatuskoder. Prosessstatus beskriver objektets grad av etablerhet i en gitt prosess. Det er en måte å tagge objekters modenhet i beslutningsprosess. Statusen kan knyttes til objekter enten som egenskap eller klassifikasjon. Prosessstatusene fargekodes, noe som brukes til å visuelt skille objektets prosessstatus fra hverandre i modell (buildingSmart, 2017). Tabell 12 viser prosessstatuskodene, hva de betyr, og hvilken farge og fargekode de har. PS1, prosjekteringsfasen, er markert med sort tykk ramme for å vise at det er disse statuskodene som er viktige og aktuelle å bruke i prosjekteringsfasen.

Tabell 12: Prosesstatuskoder hos buildingSmart Norge (buildingSmart, 2017)

Prosesstatus-kode	Prosesstatusnavn	Farge
PS0	Generelt	
PS01	Fryst = Endring ikke tillatt	Red
PS02	Hold = Beslutning avventer informasjon	Yellow
PS1	Prosjektering	
PS11	Etablert	Light Red
PS12	Klart for Disiplinkontroll	Cyan
PS13	Godkjent Disiplinkontroll	Orange
PS14	Klart for Tverrfaglig Kontroll	Pink
PS15	Godkjent Tverrfaglig Kontroll	Green
PS16	Klart for Tredjepartskontroll	Blue
PS17	Godkjent Tredjepartskontroll	Grey
PS18	Klart for Byggherrekontroll	Yellow
PS19	Godkjent av Byggherre	Light Green
PS20	Approved Client Tendering	Light Blue
PS21	Approved Client Construction	Dark Blue
PS3	Bygging	
PS31	Kontrahert	Light Green
PS32	Assembly Level Acceptance Test	Yellow
PS33	Factory Acceptance Test	Pink
PS34	Bygget/ferdigmontert	Blue
PS35	Site Acceptance Test	Red
PS36	Godkjent integrerte systemtester (tjenestetester)	Orange
PS37	Godkjent overtakelse	Cyan
PS5	Driftsfase	
PS51	Utskiftes/erstattes	Green
PS52	Rives/fjernes	Blue
PS53	Avhendt	Cyan

3.8.4 BIM vs. Tegninger

Fløisbonn et al. (2018) skriver at mye av terminologien i byggebransjen er knyttet til arbeidsprosesser som baserer seg på tradisjonell prosjektering uten BIM. Et eksempel på dette er den tradisjonelle metoden for fremdriftsrapportering, inntjent verdi, som baserer seg på tegninger som grunnlag for måling av fremdrift. Det er flere utfordringer ved å kun bruke tegninger og dokumenter til fremdriftsstyring. Det er ikke sikkert prosjekteringstegninger reflekterer kompleksiteten av arbeidet i en modellbasert tilnærming til prosjektering (Song & AbouRizk, 2005). Så å si alle byggeprosjekter bruker BIM og vil ha en modellbasert tilnærming til prosjektering. Tegningene som produseres er hentet fra det som er modellert i BIM-modellen. Derfor vil det å bruke BIM-modellen som støtte til fremdriftsstyring være nyttig. BIM-modellering er en utviklingsprosess og tegningen er det ferdige produktet. Måling av fremdrift i prosjekteringen blir enda vanskeligere på komplekse prosjekter, siden mange parter er involvert i utformingen av prosjektet og fordi antall grensesnitt og avhengigheter mellom aktørene øker (Eray, et al., 2018). I prosjekter med papirtegninger håndterer man faseinndelinger og gjeldende tegninger ved hjelp av revisjoner med dato og nummer på tittelfelt. I BIM-prosjekter kan det være vanskelig å skille elementene på hvor langt man har kommet i forhold til beslutninger. Med BIM blir fagene involvert tidligere i prosjektet og BIM-modellene blir benyttet som underlag til hverandre. BIM-modellen kan raskt tolkes som et ferdig tenkt utgangspunkt, og når andre fag eventuelt mistolker dette, kan det oppstå feilprosjektering (Graphisoft, 2019). Et system som beskriver modenheten til objektene i BIM-modellen vil bidra til å unngå dette.

3.8.5 Fordeler med bruk av BIM i fremdriftsstyring

Her trekkes det frem fordeler ved bruk av systemene til planlegging og styring av prosjekteringsarbeid. Det antas at fordelene er noe like mellom de ulike systemene:

- Bedre kunnskapsoverføring av prosjekteringsprosessen
- Øke prosjekteringsteamets forståelse og forpliktelse til bruk av BIM
- Virke kvalitetssikrende i alle faser
- Heve kvaliteten på tverrfaglige kontroller
- Potensielt spare tidsbruk og feil prosjektering
- Kan måle fremdrift på flere ulike måter og enkelt finne «flaskehalser»
- Øke kommunikasjon og forståelse for prosjektutvikling

Hooper (2015) trekker frem at LOD kan bidra til bedre kunnskapsoverføring av prosjekteringsprosessen. Samtidig kan det forbedre kommunikasjonen mellom aktører. Svalestuen et al. (2018) foreslår en LOD-modell som antas å øke prosjekteringsteamets forståelse og forpliktelse både til bruk av BIM i prosjektet og til planlegging av prosjekteringsprosessen. Graphisoft (2019) skriver også at innføring av MMI vil kunne bidra til økt forståelse og virke kvalitetssikrende i alle faser. For eksempel kan en entreprenør enkelt hente ut de elementene som er merket med MMI 400, og mengdeberegne og bestille ut fra dette til byggeplassen. Dersom elementene har MMI 200 kan de se at dette bare er på konseptuelt nivå og mulig ikke blir det endelige valget (Graphisoft, 2019).

Den norske veilederen for MMI påstår at bruk av MMI gjør det *"enklere å planlegge BIM-leveranser med samme modenhet i samme områder til samme tid"*. Det vil også heve kvaliteten på tverrfaglige kontroller og potensielt spare prosjektet for tidsbruk og feil prosjektering (Fløisbonn, et al., 2018). Med fargekoder til hver status kan BIM-modellen visualisere kvaliteten og modenheten direkte. BIM med fargekodning er veldig nyttig for å se statuser på seksjonene og koordinere hvor disiplinene er og hva som mangler.

Garcia (2018) beskriver et MMI Toolkit som kvantitativt "benchmarker" og måler fremdrift (og produktivitet) i en modellbasert prosjektering basert på datakvalitet og tverrfaglige relasjoner. Man kan måle fremdrift per disiplin, per leveransepakke og basert på måleenheter. MMI redegjør for arbeidsomfang og utfordringer i prosjekteringen i hver leveransepakke. Man kan enkelt se om flaskehalsene er innenfor disiplinen eller er virkningen av andre disipliner (Garcia, et al., 2018).

I en masteroppgave fra 2018 ble erfaringene fra nåværende tilnærminger til modenhetsstyring av prosjektering undersøkt. Her ble det vist at bruken av MMI økte kommunikasjonen og forståelsen for prosjektutvikling ved å tilordne en prosess til produktutviklingen i BIM. Erfaringer fra å styre MMI per disiplin for store seksjoner ble mottatt positivt, noe som viser til en økt evne til å uttrykke overordnet prosjektutvikling i BIM. En faktor for suksess er med andre ord styring av modenhet for større seksjoner i stedet for individuelle objekter (Nøklebye, 2018).

Innovasjonsprosjektet SamBIM utga i 2016 en rapport om erfaringer fra Deichmanske hovedbibliotek, der Multiconsult var en del av prosjekteringsgruppen. Her testet de ut bruk av status og fargekoder i en periode. Status er Multiconsult sin egen definisjon av modenhet i BIM-modell og forklares nærmere i kapittel 4.3, men kan sammenlignes med MMI. Ifølge informantene bidro fargesetting av status på objekter til *"å skape et effektivt tverrfaglig arbeid som ga trygghet for at fagene får nødvendige tilbakemeldinger"*, samt at det ga trygghet for at fagene var samkjørte (Skinnarland, 2016).

3.8.6 Utfordringer med bruk av BIM i fremdriftsstyring

Blant ulempene antas det på samme måte som med fordelene at de er noe like for de ulike systemene.

- Mangel på praktisk og felles forståelse
- Skepsis rundt bruk og nytteverdi
- Forhåndssatte verdier fungerer ikke for alle prosjekter

Hooper (2015) skriver at det er få tilfeller der LOD er vellykket implementert. Noe av grunnen til dette er mangel på praktisk og felles forståelse av hva LOD kan brukes til. Samtidig er det mye skepsis rundt bruken og nytteverdien av LOD, og vanskeligheter med å integrere LOD i en BIM-lignende arbeidsflyt. Erfaringer fra Nøklebye (2018) viser også at spesifikasjoner av MMI-nivåer manglet klarhet og reduserte felles forståelse av hva leveransene skulle inkludere. Dermed ble ønsket formalisering av praksis vanskeligere å oppnå.

Det nødvendige minimumsnivå av detalj endres fra prosjekt til prosjekt, da byggeprosjekter varierer i størrelse og kompleksitet. De forhåndssatte verdiene til LOD fra AIA kan være for detaljerte for noen prosjekter og for vage for andre (Borrman, et al., 2014). MMI har, på samme måte som LOD, forhåndssatte verdier, og det vil derfor gjelde her også. Likevel er det mulig å tilpasse en standard til hvert enkelt prosjekt.

I SamBIM-rapporten fra 2016 pekte informantene på ulike utfordringer og barrierer med bruk av status:

- Vanskelig å oppnå god systematikk
- Prosessen med status kom sent i gang
- Ikke alle fagene gjennomførte tiltaket
- Endringer i prosjektledelsen og prioriteringer
- Parallelle og iterative prosesser
- Endringer underveis (Skinnarland, 2016)

4 Resultater dokumentstudier

Dette kapitlet presenterer funnene fra de generelle dokumentene som ble gjennomgått i dokumentstudiene.

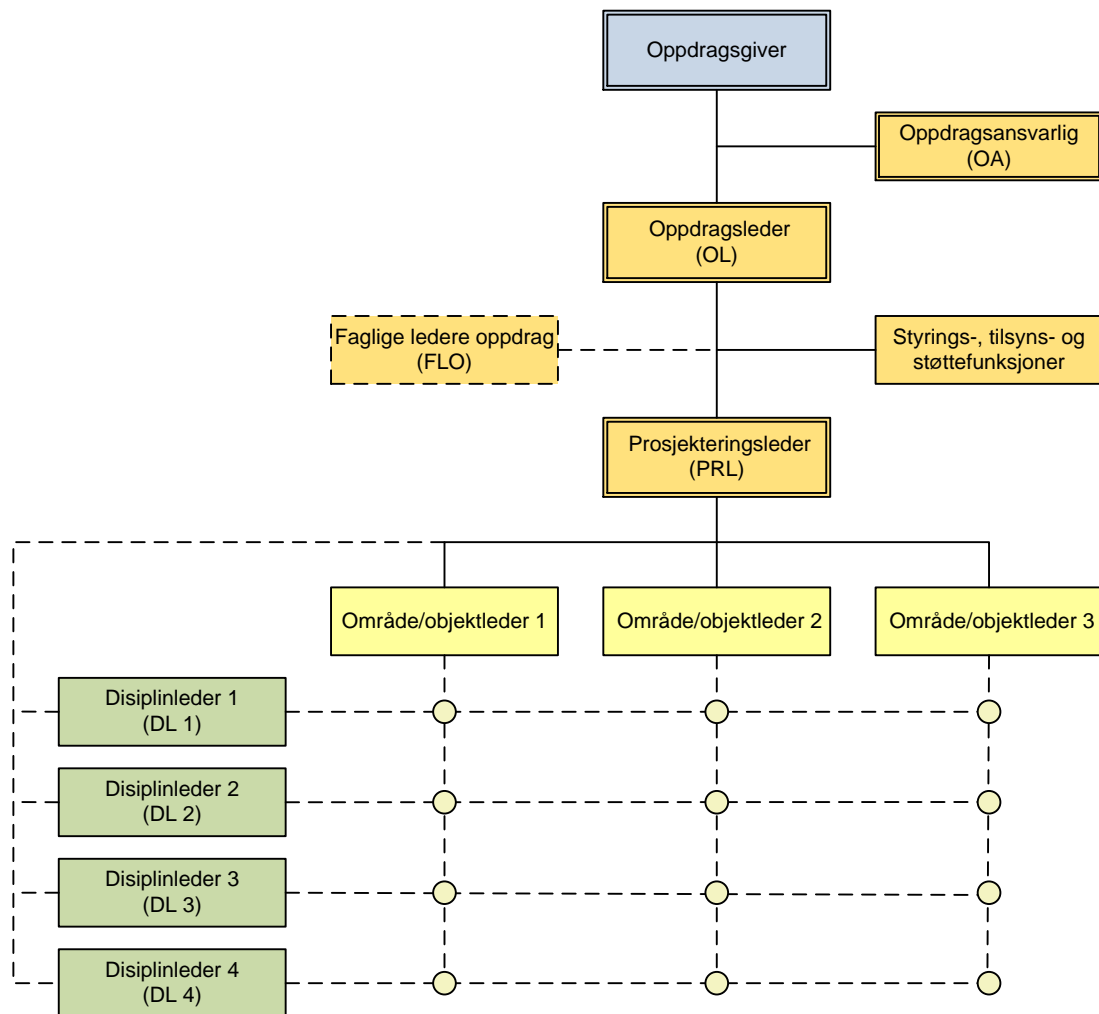
4.1 Roller og organisering hos Multiconsult

Multiconsult har egne definisjoner på rollene i et prosjekteringsoppdrag. I denne oppgaven er det valgt å trekke fram beskrivelser av rollene som er relevante i forhold til temaet og de tre prosjektene som er studert. Tabell 13 viser beskrivelse av de ulike rollene. Forkortelsen for de ulike rollene (i parentes) blir brukt videre i oppgaven.

Tabell 13: Rollebeskrivelser Multiconsult. Basert på (Granheim, 2017).

Rolle	Beskrivelse
Oppdragsleder (OL)	OL er ansvarlig for den totale gjennomføring av oppdraget. Det vil si den kontraktuelle leveransen som Multiconsult utfører for en kunde, ofte som del av kundens prosjekt.
Prosjekteringsleder (PRL)	PRL er ansvarlig for prosjekteringen. Funksjonen kan ivaretas av OL, eller av en egen person i store, flerfaglige oppdrag.
Prosjektstyrer (PS)	PS har ansvar for å etablere planer, budsjetter, rapportere status, styre endringer, fakturere, utarbeide administrative rutiner, etc.
BIM-koordinator/ Digital samhandlingsleder	BIM-koordinator skal sørge for at krav om bruk og leveranse av åpen BIM blir ivaretatt i oppdraget. BIM-koordinator har ansvar for BIM-manualen og skal kontrollere at leveransene er i henhold til denne (Mejlænder-Larsen, 2013). I de nyeste prosjektene brukes begrepene digital samhandlingsleder og modellgjennomførings-plan om BIM-koordinator og BIM-manual.
Objekt-/områdeleder (OBL)	Objekt-/områdeleder er leder av en oppdragsdel når oppdraget er delt i flere objekter, områder, etc.
Disiplinleder (DL)	DL er ansvarlig for faglig gjennomføring og kvalitet av arbeidet innen disiplinen.

Organisasjonskartet i figur 14 viser hvordan et tenkt prosjekteringsoppdrag er organisert. Organiseringen gjelder for store, komplekse og flerfaglige prosjekteringsoppdrag der det er hensiktsmessig å dele organisasjonen i detaljprosjekteringsfasen i flere deler (objekter, områder, entrepriser, etc.). Prosjektstyrer og BIM-koordinator havner i boksen for "Styrings-, tilsyns- og støttefunksjoner".



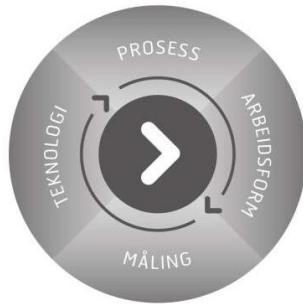
Figur 14: Organisasjonskart for detaljprosjekteringsfasen (Granheim, 2017).

I en balansert matriseorganisasjon som illustrert i figur 14 er PRL ansvarlig for å lede og styre prosjekteringen og sikre den faglige totalløsningen, mens objekt-/områdelederne er ansvarlig for å definere *hva* som skal leveres, *når* det må leveres og følge opp dette for sitt objekt/område. DL har ansvaret for å definere *hvordan* oppgavene skal løses og *hvem* som skal gjøre dem.

4.2 Multiconsult sin gjennomføringsmodell - MultiPEM

Multiconsult sin gjennomføringsmodell, MultiPEM (Multiconsult Project Execution Model), tar utgangspunkt i bedriftens egen "beste praksis". Gjennomføringsmetodikken består av fire dimensjoner, som er illustrert i figur 15. De fire dimensjonene er:

- **Prosess.** Handler om hva som skal gjøres i hvilken rekkefølge til hvilket nivå.
- **Teknologi.** Går på hvordan digitale hjelpemidler støtter oppdragsgjennomføringen.
- **Arbeidsform.** Definerer hvordan vi skal samhandle.
- **Måling.** Er etablert med utgangspunkt i at vi må vite hvor vi er for å utvikle oss dit vi skal.



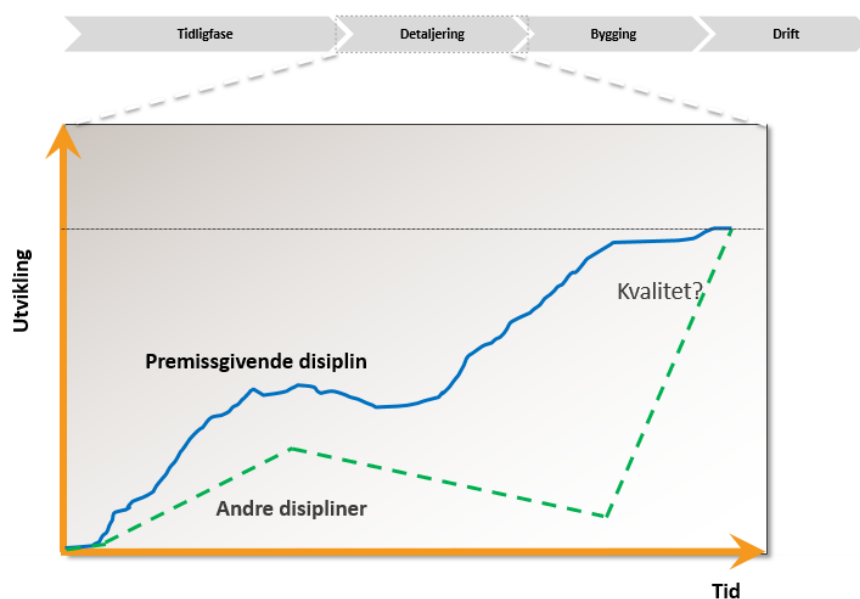
MultiPEM

Figur 15: Illustrasjon av MultiPEM

I denne oppgaven er det prosessdimensjonen som er mest interessant å fokusere på da det er denne som omhandler gjennomføringsfilosofien og hvordan fremdrift styres hos Multiconsult.

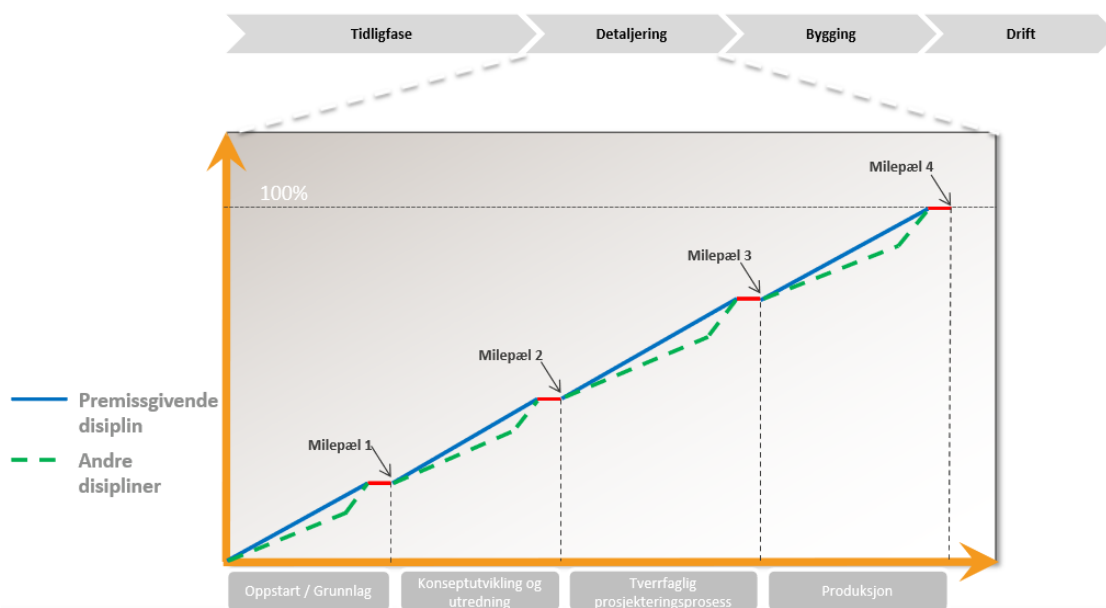
4.2.1 Prosess

I bygge- og energiprojekter er en tradisjonell gjennomføringsfilosofi gjerne en der premissgivende disiplin nesten ferdigstiller plangrunnlaget fullstendig før ingeniørfagene starter sitt arbeid. Et tradisjonelt prosjekteringsforløp er illustrert i figur 16. Denne gjennomføringsfilosofien er noe Multiconsult ønsker å bevege seg bort fra, da den ikke sikrer at aktører går i takt, beslutninger blir tatt til rett tid og dermed ikke den tverrfaglige kvaliteten på arbeidet.



Figur 16: Illustrasjon av et tradisjonelt prosjekteringsforløp (Myrtrøen, 2018).

Et ideelt prosjekteringsforløp tar utgangspunkt i en trinn-for-trinn gjennomføring med utsjekk av hvert trinn mot et forhåndsdefinert innhold. Den trinnvise gjennomføringen sikrer at alle aktører går i takt og at beslutninger tas til rett tid. For byggeprosjekter vil dette si at arkitekten, som premissgivende disiplin, ligger litt foran de andre disiplinene. Ved de aktuelle milepælene i fasen foretar både arkitekt og ingeniør en designkontroll, etter at alle disiplinene har kommet opp på samme nivå, for å oppnå ønskede kvalitetsnivåer. Tidsintervallet mellom disse milepælene blir omtalt som steg, og hver fase deles inn i 3-4 steg. Designkontrollen foregår tverrfaglig, det vil si at underlaget fra arkitekt og de tekniske disiplinene blir kontrollert, og at tilhørende sjekklister blir gjennomgått og godkjent (Eriksen & Hoffmann, 2016). Dette ideelle prosjekteringsforløpet er illustrert i figur 17.



Figur 17: Illustrasjon av et ideelt prosjekteringsforløp (Myrtrøen, 2018).

Prosessdimensjonen i MultiPEM er en generisk beskrivelse av:

1. *Hva* som skal gjøres
2. I hvilken *rekkefølge*
3. Til hvilket *nivå*
4. I hvilken *fase*

Nivåer

Prosessdimensjonen er delt opp i 3 ulike nivåer. Hva de ulike nivåene innebærer er oppsummert i tabell 14.

Tabell 14: Nivåer i prosessdimensjonen i MultiPEM

Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3
<ul style="list-style-type: none">• Faser• Steg• Milepæler	<ul style="list-style-type: none">• Prosjektnedbrytning (PNS)• Budsjetter• Fremdriftsplaner	<ul style="list-style-type: none">• Sjekklister• Styringsobjekter/leveransepakker• Bruk av status

Nivå 1 representerer en overordnet inndeling av prosjektene i faser, steg og milepæler. Øverste inndeling er faser. Hver fase er videre delt inn i steg. Stegene inneholder en rekke milepæler. Stegene representerer et hovedfokus for alle fag frem mot neste milepæl.

Nivå 2 representerer et rammeverk for styring og ledelse. Nivået inneholder stegbeskrivelse som tydeliggjør hva som skal gjøres innenfor hvert steg, flytskjema, generisk fremdriftsplan med typisk PNS, og KTR-struktur (Eriksen & Hoffmann, 2016). Det viktigste i dette nivået er PNS. PNS er grunnlaget for styringen av et oppdrag. Leveransepakkerne blir aktiviteter som skal gjennomføres mot definerte milepæler. Ved å bryte ned oppdraget i arbeidspakker med klart grensesnitt og kost, tid, ressurs blir fokuset på leveransen, selve sluttproduktet (Myrtrøen, 2018).

Nivå 3 representerer et rammeverk for produksjon. Nivået inneholder aktivitetsbeskrivelser, styringsobjekter/leveransepakker, statusdefinisjoner og sjekklister. Aktivitetsbeskrivelse detaljerer ut stegbeskrivelsene og flytskjemaene som er definert i nivå 2. Leveransepakker, metodikk for bruk av status og sjekklister blir nærmere forklart i kapittel 4.3.

4.3 Bruk av status i Multiconsult

Multiconsult har utviklet et eget system for å kunne styre på leveransepakke i et prosjekt. Leveransepakke blir gitt en status. Statusdefinisjonene, som viser navn, definisjon og fargekode, må være lik og gjelde for alle leveransepakke. Ved å planlegge hvilken status de ulike leveransepakke skal ha ved aktuelle milepæler i en fase, vil det være mulig å følge opp kvalitet og modenhet underveis i fasen (Multiconsult, 2019b).

4.3.1 Leveransepakke

Leveransepakke tar utgangspunkt i prosjektets PNS. Det er en inndeling av det totale objektet i grupper av BIM-objekter, med hensikt å styre kvalitet og modenhet. I motsetning til et modelleringsobjekt i en BIM-modell består en leveransepakke av flere modelleringsobjekter av samme type eller modelleringsobjekter som er gruppert sammen med andre typer modelleringsobjekter. Det er gunstig å dele opp i leveransepakke etter hva som bør fryses, i hvilken rekkefølge og hvilke grensesnitt/avhengigheter leveransepakke har. Valget av leveransepakke er avhengig av fase, entreprisform og kunde (Multiconsult, 2019a).

4.3.2 Bruk av status

Det er fire hovedstater på leveransepakke i BIM-modeller i detaljprosjektering, som definerer ferdiggrad av en leveransepakke ved de forskjellige milepælene. Status angir med andre ord ferdighetsgrad og kvalitet på informasjonen tilknyttet et objekt (Skinnarland, 2016). Den første er status S1, hvor leveransepakke fortsatt har en foreløpig plassering. Den neste er status S2, hvor formen og plasseringen er satt og dermed klar for tverrfaglig kontroll. Den neste er status S3, hvor plasseringen av leveransepakke og grensesnittet til andre fagområder er frosset. Dette er en kritisk status for alle leveransepakke. Når en leveransepakke er frosset, skal formen og plasseringen og alle grensesnitt mot andre leveransepakke internt i disiplinen eller mot andre disipliner per definisjon ikke endres. Neste status er S4, hvor den endelige detaljeringen av leveransepakke er ferdig og leveranser er klare til å bli utstedt for bygging (Multiconsult, 2019b). Den siste er status S5, som viser leveransepakke "som bygget", hvor all nødvendig informasjon ligger inne. For å kunne gå fra en status til en høyere status for en leveransepakke vurderes ut fra en sjekkliste med et sett kriterier.

Det angis hvilken status de enkelte leveransepakke har i henhold til systematikk vist i tabell 15. Tabell 15 tar utgangspunkt i totalentrepriser. Ved utførelsesentrepriser vil S4 endres til "Utgitt for anbud/kontrahering" og S5 blir da "Utgitt for bygging". S6 blir "Som bygget".

Tabell 15: Statusdefinisjoner i Multiconsult for totalentrepriser (Multiconsult, 2019b)

Statusdefinisjoner - Multiconsult (Totalentreprise)		
Status	Navn	Beskrivelse
S0	Identifisert behov	Leveransepakken er kun identifisert som mulig geometri og plassering i modell.
S1	Foreløpig informasjon	Leveransepakken er definert med foreløpig plassering og geometri. Leveransepakken er kontrollert i egen disiplin.
S2	Klar til tverrfaglig kontroll	Leveransepakken har frosset grunnlagsinformasjon, har riktig plassering og maksimale ytre grenser for geometri er definert. Leveransepakken er kontrollert i egen disiplin og er klar for tverrfaglig kontroll.
S3	Frys	Kommentarer fra tverrfaglig kontroll er implementert. Leveransepakken har endelig form og plassering. Grensesnitt mot andre leveransepakker og disipliner er frosset. Leveransepakken fryses og blir premissgivende i videre prosess. Detaljering mot S4 skal ikke påvirke andre disipliner og objekter.
S4	Utgitt for bygging	Nødvendig detaljprosjektering av leveransepakken er gjennomført. Leveransepakken er utgitt for anbud/kontrahering.
S5	Som bygget	Leveransepakken er oppdatert med nødvendig informasjon fra prefabrikasjon, installasjon og testing.

Ved å tilordne en fargekode til hver status kan leveransepakkene i BIM-modellene visualisere kvaliteten og modenheten direkte, og støtte disiplinene til å identifisere hva som fremdeles er utviklet og hva som er frosset. Prinsippet er tanken om at fargekodene er definert som et trafikklys – fra rødt (foreløpig informasjon) til gult (klar til tverrfaglig kontroll) via blått (frys) og til grønt (utgitt for bygging) (Mejlænder-Larsen, 2019b).

4.3.3 Statuskommunikasjon

Statuskommunikasjon handler om at alle i oppdraget har en felles forståelse av hva som skal leveres til hvilket modenhetsnivå til hvilken tid i henhold til oppdragets fremdrift. Kommunikasjon av kvalitet og modenhet kan gjøres gjennom å dokumentere utvikling av status for leveransepakkene gjennom aktuell fase. Det kan også illustreres visuelt gjennom fargekoder på leveransepakkene som viser aktuell status (Multiconsult, 2019c).

5 Resultater casestudie

Dette kapittelet presenterer funnene fra de prosjektspesifikke dokumentene og semi-strukturerte intervjuene.

5.1 Hvordan har utvalgte caseprosjekter benyttet seg av BIM i fremdriftsstyring?

Her presenteres funnene fra intervjuene som knyttes til det første forskningsspørsmålet.

5.1.1 Fremdriftsplanlegging

MultiPEM

Lyse-Fagrafjell og Jølstra benytter MultiPEM i prosjektet. Alle de fire dimensjonene blir brukt. I fasen detaljprosjektering er man inne i prosessdimensjonen av MultiPEM. OL fra Lyse-Fagrafjell forteller at innenfor detaljprosjektfasen har de *"delt inn prosjekteringsprosessen inn i ulike prosjekteringssteg. Vi har skilt av hvert av de stegene med milepæler underveis. Det er den mest overordnede inndelingen på prosess-siden"*. Teknologidimensjonen er også et viktig aspekt for å kunne bruke BIM i fremdriftsstyringen. På både Jølstra og Lyse-Fagrafjell forteller informantene at de har vært fremoverlent teknologisk. De brukte mye tid på å effektivisere dataflyten mellom de ulike verktøyene. Tønsbergprosjektet benytter seg ikke av MultiPEM, men de har allikevel brukt mye av den samme tankegangen gjennom bruk av VDC. Detaljprosjekteringsfasen er blant annet delt inn i steg og milepæler. Her nevnes det fra en av informantene at *"man må ha en viss milepælsoppbygging i et så stort prosjekt uansett"*.

Fremdriftsplaner

Alle prosjektene benytter seg av fremdriftsplaner for prosjekteringen. Flere av informantene nevner at du er avhengig av en god plan for å kunne styre fremdriften i et prosjekt. Det er prosjekteringsledelsen som har kontroll på, og utvikler, fremdriftsplanene, med innspill fra fagene. Planene har ulik grad av detaljering, men alle var brutt ned i leveransepakker.

Fremdriftsplanene på Jølstra er de som følger MultiPEM i størst grad. Dette er også det enkleste prosjektet av de tre med tanke på antall personer involvert. Her har Multiconsult kun en egen fagdisiplin som modellerer. Informasjonen fra andre fag kommer fra leverandører som leverer ferdig prosjekteringsgrunnlag til Multiconsult. Fremdriftsplanen er detaljert ned til leveransepakker. PS forteller at de har *"start- og sluttdato per leveransepakke, og milepæler som er direkte linket til fremdrift på byggeplass"*. Multiconsult lagde sin leveranseplan basert på hva som skulle leveres når på byggeplassen, etter innspill fra entreprenøren.

Lyse-Fagrafjell har to ulike fremdriftsplaner, en internt og en eksternt. Den interne fremdriftsplanen er mer detaljert og brutt ned i aktiviteter. Disse aktivitetene kan man da følge fremdriften på. BIM-koordinator nevner at *"tankegangen bak det med å dele opp ting i pakker og at du skal gjøre en del ferdig før du begynner med neste, er i henhold til MultiPEM. En slik stegvis prosjektering hindrer dobbelt arbeid"*. Prosjektstyrer forteller at den interne planen endrer de ikke på underveis, men den overordnede, som de kommuniserer ut til kunden, oppdaterer de fortløpende. Den viktigste milepælen i prosjekteringsplanen er prosjekteringsfrys, men de har også milepæler for tverrfaglig gjennomgang og endelig leveranse.

På Tønsbergprosjektet forklarer informantene at de hadde litt overordnede planer i starten da psykiatribygget ble bygget, men at de på somatikkbygget klarte å lage en mer detaljert plan å styre etter. Fremdriftsplanen for psykiatri er delt i to; en plan for prosjektering og en for leveranse på byggeplass og bygging. BIM-koordinator forklarer at disse planene *"utvikles av forskjellige parter, og er ikke koblet mot hverandre på noen måte"*. På somatikk ble det gjort et forsøk på å samle de forskjellige planene og se hvordan de er koblet sammen. Denne planen er delt inn i milepæler og aktiviteter innenfor hver milepæl.

PNS

Alle prosjektene benytter en prosjektnedbrytningsstruktur, men med ulik grad av detaljering. På Lyse-Fagrafjell, som er et tegningsbasert prosjekt, er rekkefølgen på og inndelingen av leveransepakkene avhengig av ressursene. De så på hvor mange ressurser som var tilgjengelig på hvert fag, og fikk innspill fra fagene på hva som kunne ferdigstilles uavhengig av andre tegninger. På denne måten skal de sikre at ingen blir overarbeidet, ifølge PS. Pakkene er delt opp slik at aktiviteter kommer i riktig rekkefølge. PRL forteller at *"istedenfor å si at alle de 40 tegningene til det ene faget skal være ferdig alle på en dato så prøvde vi å spre det utover, hjelpe de til å klare å planlegge bedre selv"*. Det var med andre ord prosjekteringsledelsen som satte opp strukturen, men de avstemte også med fagene. PNS-en i dette prosjektet er veldig påvirket av hvordan kunden ønsket det. Prosjekteringsprosessen og planleggingen er knyttet opp til hva kunden trenger til de ulike tidspunktene. På Lyse-Fagrafjell er det etablert en KTR-struktur, som er en del av kontrakten. Denne er reflektert mot PNS i ganske stor grad. PS forteller at i KTR-strukturen er det aktiviteter per fag og ikke per leveransepakke, etter ønske fra kunden.

På Jølstra er det et en-til-en forhold mellom fremdriftsplanene, PNS og KTR. I tillegg til alle de elementene BIM-modellen er brutt ned i, er det enkelte andre elementer som må ha en fremdrift. Dette har de lagt på i tillegg i fremdriftsplanen. Selv om det er et en-til-en forhold mellom PNS og KTR er det en slags utvidet versjon fordi det er enkelte aktiviteter som ikke er direkte linket opp mot BIM-modellen. Dette er for eksempel oppfølging fra OL og reisetid. KTR-en er ifølge PRL/OL et grunnlag i kontrakten med oppdragsgiveren. Den er veldig detaljert med mange timekoder. Informanten forklarer at *"KTR-en har dannet grunnlaget for leveranseplanen for alle modellene, når det skal leveres. Vi må da oppdatere KTR-en hvis det kommer flere arbeidspakker i leveranseplanen fordi den skal være en-til-en"*.

I tillegg til å ta utgangspunkt i en PNS, har Tønsbergprosjektet delt opp planen i forhold til modenhetsnivåer i BIM-modellen. PS forteller at de *"har nedbrutt på fag, hvilken modenhet/status skal de objektene ha til det tidspunktet"*. Planen er brutt ned på aktivitetsnivå. PRL forklarer at de *"har ikke definert eksplisitt leveransepakker. Det har gått mer på ferdigstilling av fag innenfor de delobjekter som vi har delt inn i"*. Disse objektene er definert per etasje. OL forteller at *"leveransepakkene er basert på når entreprenørene trenger underlaget, og også den rekkefølgen"*. Tønsbergprosjektet har ikke benyttet en KTR-struktur.

5.1.2 Bruk av status

Alle prosjektene statussetter styringsobjekter i BIM-modellen. De statussetter grupper av elementer, ikke enkeltelementer. Alle statusdefinisjonene er fargekodet i henhold til det enkeltes prosjekt sin BIM-manual. Statusen på objektene er planlagt i forhold til prosjektets milepæler, og følges opp og sammenlignes med faktisk status.

Praksis for bruk av status (Hentet fra BIM-manualer)

Tønsbergprosjektet benytter seg av BuildingSmart sine prosessstatuskoder. De bruker ikke alle statusene, men har valgt ut de som de anså som de viktigste for prosjektet. Flere informanter trekker fram at i dette prosjektet er det viktig å skille mellom geometri og informasjon. Dette er grunnet høye krav til informasjonsberiking. PRL forteller at: "For vår del er det å låse geometri en liten del av jobben, så er det en stor del med beriking og nummerering og mye informasjon som skal inn etterpå". I andre prosjekter er kanskje låsing av geometrien det viktigste. I Tønsbergprosjektet skiller de altså mellom status PS12, geometri frosset, og PS14, all informasjon inne i objektet. Hovedstatusene som Tønsbergprosjektet bruker finnes i tabell 16, hentet fra deres BIM-manual. I BIM-manualen har prosjektene i tillegg sammenlignet hvilken LOD de ulike prosessstatuskodene tilsvarer.

Tabell 16: Prosessstatuskoder på Tønsbergprosjektet

Status	LOD for the project	Definition	Color
PS11	LOD 200	Established	Red
PS12		Ready for Domain QA	Cyan
PS14		Approved Domain QA / Ready for Multi-domain QA	Yellow
PS15	LOD 350	Approved Multi-domain QA and Geometry frozen	Green
PS21	LOD 400	Issued for construction	Blue
PSC31		Product Procured	Light Green
PSC34		As Built	Light Blue
PSC37		Approved Handover	Light Cyan

På Jølstra har de tatt utgangspunkt i Multiconsult sine statusdefinisjoner, og tilpasset prosjektet. Tabell 17 viser bruk av status i prosjektet, hentet fra BIM-manualen. Her vises også hvem som setter statusen. *Contractor* vil i denne sammenhengen være prosjekterende, mens *Company* vil være kunden.

Tabell 17: Statusdefinisjon på Jølstra

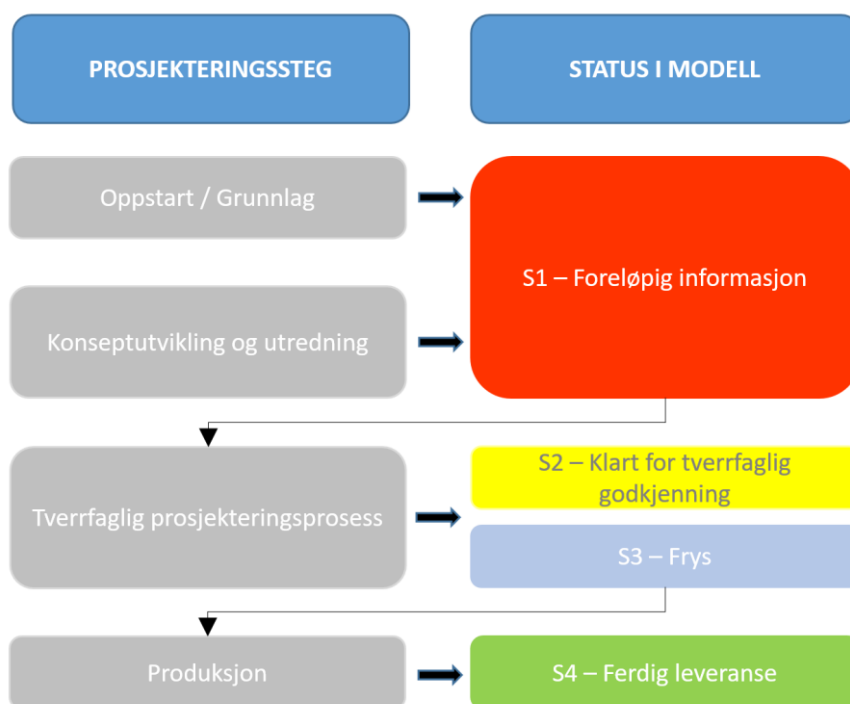
Status / Quality level	Set by	Definition	Colour
S0.0	Contractor	Identify need	Grey
S1.0	Company	Preliminary information in Contracts	Red
S1.1	Contractor	System Design Engineering	Red
S1.2	Contractor	Ready for System Engineering Design Review and interdisciplinary control	Red
S2.0	Company	System Engineering Design Review approved by Company	Yellow
S2.1	Contractor	Detail Engineering	Yellow
S2.2	Contractor	Ready for Detail Engineering Design Review	Yellow
S3.0	Company	Detail Engineering approved by Company	Cyan
S4.0	Company	Released for "Construction"	Green
S5.0	Contractor	As built information	Yellow

På Lyse-Fagrafjell bruker de også Multiconsult sine statusdefinisjoner. Tabell 18 viser hvordan dette prosjektet har definert de ulike statusene i prosjektet.

Tabell 18: Statusdefinisjon på Lyse-Fagrafjell

Status	Definisjon	
S1	Foreløpig informasjon	<ul style="list-style-type: none"> • Grunnlagsinformasjon er på plass • Avklart omfang med kunde • Fremdriftsplan og leveranseplan er etablert
S2	Klar for tverrfaglig godkjenning	<ul style="list-style-type: none"> • Prosjektert til et nivå hvor grensesnitt mot andre fag er avklart • Ytre dimensjon og plassering er på plass • Utførelse og byggbarhet er vurdert
S3	Frys	<ul style="list-style-type: none"> • Tverrfaglig kontrollert visuelt og krasjkontroll • Alle grensesnitt avklart • Utførelse og byggbarhet er vurdert for totalbildet
S4	Ferdig leveranse i Fase 2 (anbudsunderlag)	<ul style="list-style-type: none"> • Prosjektering gjennomgått kvalitetssikring • Prosjektering tilfredsstillende nivå og omfang avklart med kunde i S1

I BIM-manualen til Lyse-Fagrafjell finnes også en figur som viser hvordan statusdefinisjonene relaterer seg til stegene i en fase i Multiconsult sin prosjekteringsprosess, illustrert i figur 18.



Figur 18: Stater i modell knyttet opp mot prosjekteringsstegene

Evaluering av modenhet

Lyse-Fagrafjell og Tønsbergprosjektet har ikke etablert fullstendige sjekklister ved endring av status. Likevel forklarer noen av informantene at de har noen enkle sjekklister med overordnede punkter når modenheten til objektene evalueres. Jølstra derimot, bruker en avansert sjekklister for BIM-modellen.

Det er forskjeller i hvem som har ansvar for å sette status og vurdere om den er klar til å endres. På Lyse-Fagrafjell er det disiplinleders ansvar ved status S1 og S2. Da skal alt være ferdig fra deres side og klart til å kontrolleres tverrfaglig. Ved status S3, som er frys, involveres oppdragsledelsen, det vil si PRL og OL, og vurderer statusen sammen med disiplinlederen. Her forklarer BIM-koordinator at "*det er kun PRL eller OL som har myndighet til å si at det er ferdig tverrfaglig kontrollert og fryst. Disiplinen kan ikke selv gå inn og si at nå er det fryst og ferdig, det må sjekkes av prosjekteringslederen*". Det samme gjelder status S4, ferdig leveranse. BIM-koordinator "*pushet og koordinerte*", ifølge OL.

Noe av den samme praksisen på Lyse-Fagrafjell benyttes på Jølstra. Da det er færre involverte fag, og de kun modellerer i én programvare, er det DL sammen med OL, som evaluerer modenheten ved hver status. Det er aldri noen lavere enn DL som vurderer om man kan gå opp en status. I dette prosjektet mottar de også BIM-modeller fra leverandører, som da selv skal ha satt status før den lastes opp på en felles portal av Multiconsult.

På Tønsbergprosjektet er det disiplinene selv som setter status helt opp til PS14, som betyr BIM-modellen er klar for tverrfaglig kontroll. Når all informasjonen er inne for alle fag går BIM-koordinator inn og sjekker at alt er kollisjonsfritt, at all geometri er sjekket, og at all informasjon er lagt inn riktig. Så løfter BIM-koordinator den etasjen fra PS14 til PS15. Den endelige løftingen av hele etasjen er det altså BIM-koordinator som gjør.

Statuskommunikasjon

Felles for alle prosjektene er at status kommuniseres gjennom en sammenstillingsmodell. Statusene illustreres visuelt gjennom fargekoder på leveransepakken som viser aktuell status. Sammenstillingsmodellen blir oppdatert en gang i uken. Den blir tatt opp på ukentlige møter der man går igjennom og ser på utviklingen og utfordringer fagene har. PS på Lyse-Fagrafjell forteller at "*[...] vi tok opp modellen og diskuterte hva som må til for at et fag kan endre status hvis den er avhengig av andre fag igjen*". På Lyse-Fagrafjell og Jølstra blir BIM-modellen også tatt opp i møter med kunden. Det er BIM-koordinator som sørger for at de forskjellige BIM-modellene er oppdatert og lastet opp, og at sammenstillingsmodellen er oppdatert. På Tønsbergprosjektet blir statusene i tillegg vist ut fra rapporter som er tatt ut fra sammenstillingsmodellen, se kapittel 5.1.3.

LOD og MMI

Alle informantene ble spurt om de hadde kunnskap om LOD og MMI. Alle har hørt om begrepene, men kunnskapen varierer veldig. Noen har svært god kunnskap om begrepene, andre svært lite. Av de som har kunnskap om LOD, er det mange som forklarer at det står for Level of Detail. De fleste forteller at de vet at det er forskjellig bruk og betydning av LOD, MMI og bruk av status. En av informantene uttrykker også tanker rundt det å standardisere begreper, både innenfor bransjen, men også innenfor landegrensene. I Norge har vi mange utenlandske arbeidere, og de kan operere med andre begreper enn de vi bruker i Norge. Informanten forteller at i starten er det vanlig å definere sine egne standarder, men som likevel har flere likhetstrekk med andre bedrifters standarder. Man må rett og slett være obs på mange begreper.

5.1.3 Fremdriftsoppfølging og –rapportering

Felles for alle prosjektene er at det blir rapportert fremdrift på inntjent verdi i forbindelse med den månedlige fremdriftsrapporteringen. Leveransepakke/aktivitetene det rapporteres på er tildelt et budsjett i form av timer. PS på både Lyse-Fagrafjell og Tønsbergprosjektet forteller at fremdriften blir en slags "best guess" fra disiplinleder, men at de bruker BIM-modellen til hjelp i rapporteringen.

Alle prosjektene har prosjekteringsmøter enten hver uke eller hver andre uke, se tabell 19. I disse møtene har prosjektene ekstra fokus på fremdrift. Lyse-Fagrafjell og Jølstra gjennomfører disse møtene sammen med kunden, der de tar opp både entreprenørens fremdrift, kontraktens fremdrift og prosjekteringsfremdrift. I tillegg har Lyse-Fagrafjell noe de kaller "statusmøter" hver uke der alle disiplinlederne oppgir hvor lang de har kommet i BIM-modellen.

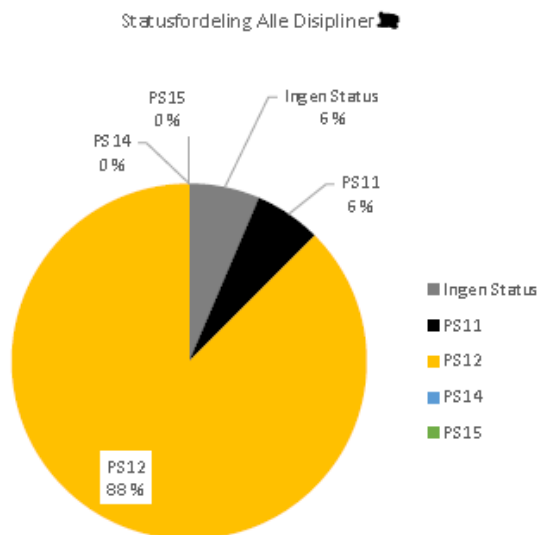
Tabell 19: Prosjekteringsmøter i prosjektene

Prosjekt	Prosjekteringsmøter
Lyse-Fagrafjell	Hver 2.uke (med kunde)
Tønsbergprosjektet	Hver 2.uke
Jølstra	Hver uke (med kunde)

For prosjektene med KTR-ark, Lyse-Fagrafjell og Jølstra, kan prosjekteringsledelsen enkelt gå inn i KTR-arkene og se hvor mange timer disiplinene har for hver enkelt leveransepakke. I forbindelse med månedsrapporteringen rapporterer disiplinene til prosjekteringsledelsen hvor mye timer de har brukt og hvor mye de har igjen. OL på Jølstra forteller at "i KTR-strukturen er alle aktivitetene brutt ned og lagt på et budsjett. Da får du påløpte timer og visualisert på grafnivå hvordan du ligger an mellom budsjett og påløpt. Det, sammen med leveranseplanen og statusvurderinger i modell, gjør at du har ganske godt grunnlag for å vurdere om du ligger bak eller ikke". På disse to prosjektene går prosjekteringsledelsen (PS og OL) ukentlig igjennom timelister og ser det opp mot fremdrift og budsjett.

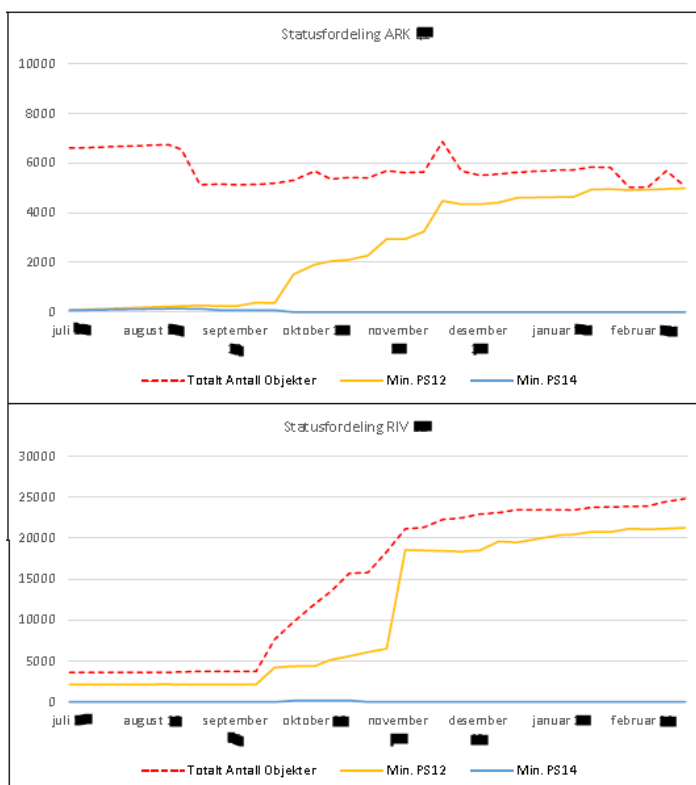
PS på Jølstra forklarer at fremdriftsrapporteringen blir gjennomført slik som MultiPEM ønsker det. De har delt inn ganske detaljert på små objekter, som igjen er en del av et større objekt. PS forteller at "vi måler på de ulike statusnivåene, fra S0 til S5. Da kommuniserer vi det både til entreprenør og kunde. I tillegg får vi informasjon fra leverandøren inn. Elementene settes i vår modell og fargelegges avhengig av status. Vi har én farge per status som gjør det veldig tydelig for kunden hvor langt vi har kommet".

Hver andre uke rapporterer disiplinlederne hva som er status på Tønsbergprosjektet. Dette kommuniseres ut til kunden en gang i måneden. De har delt inn rapporteringen i flere deler, blant annet innkjøp, tegningsleveranser og modellutvikling. PS forteller at de har brutt ned på fag, objekt og etasje. Det tas ut rapporter som viser hvor mange objekter et fag har totalt for en etasje. Det er DL som forteller hvor langt de har kommet på de ulike aktivitetene. I månedsrapporten sammenlignes gjeldende, påløpte og inntjent timer. I bolken modellutvikling vil man da få fremdrift i form av inntjent verdi knyttet opp mot statusene i BIM-modellen. I fremdriftsrapporten tas det ut grafer som viser statusfordeling for alle disipliner, både som linjediagram og som sektordiagram. Figur 19 er hentet fra en fremdriftsrapport og viser et sektordiagram med statusfordeling for alle disipliner for en tilfeldig etasje.



Figur 19: Eksempel på statusfordeling alle disipliner for en tilfeldig etasje

Figur 20 viser statusfordelingen for et tilfeldig fag i etasje E1. Når det meldes fremdrift støtter prosjekteringsledelsen seg på disse rapportene og ser at når det for eksempel er en utflating og stabilisering av antall objekt, der nesten alle er på PS12, da kan man si at man er nesten 90 prosent ferdig.



Figur 20: Eksempel på statusfordeling per fag per etasje i en fremdriftsrapport

På Tønsbergprosjektet har de per etasje sagt at det er "en dato der vi skal være PS12 80%, en der vi skal være PS12 100% og en PS14". De så det nødvendig å ha med en 80% på PS12 fordi alle etasjene kom til et punkt der nesten alt er ferdig og på plass, men det allikevel manglet noe småting som man sitter og venter på. PRL forteller at det "å gjøre en kollisjonskontroll først når vi har alt inne blir litt for sent". PS14 blir en siste milepæl der alt er komplett i etasjen.

5.2 Hva er erfaringene fra å benytte BIM i fremdriftsstyring?

Her presenteres funnene fra intervjuene som knyttes til det andre forskningsspørsmålet.

5.2.1 Fremdriftsplanlegging

MultiPEM

Lyse-Fagrafjell og Jølstra, som begge følger MultiPEM, forteller at prosessdimensjonen fungerer bra. En av informantene forteller at det er en veldig tydelig og oversiktlig måte å jobbe på. Informanten tror *"det gir litt ro til de som prosjekterer, at ledelsen i oppdraget har kontroll og er tydelig på hvilke verktøy vi skal bruke, ikke vise usikkerhet, komme med tydelige beskjeder og ta beslutninger kjapt, sånn at vi kommer i gang. Vi vet arbeidsmetodikken og hvilke prosesser vi skal gjøre"*. En annen forteller at *"vi hadde en veldig ryddig fremdrift og ryddige steg med milepæl for når vi skulle ha tverrfaglig kontroll av det som var prosjektert. Og så var det satt av litt tid til å rydde opp i det"*. En OL sier at det å bruke MultiPEM var en forutsetning for å få til bruk av status, da spesielt fokuset på dataflyt gjennom teknologidimensjonen. Alle prosjektene brukte en sammenstillingsmodell, og for å kunne bruke status er det viktig å se på dataflyten, altså hvordan de ulike verktøyene kommuniserer og eksporterer data. På Tønsbergprosjektet, der de ikke følger MultiPEM, forteller OL at de kunne hatt en strammere gjennomføring og investert litt mer tid i starten for å få gode gjennomføringsplaner. Da dette prosjektet ble startet opp var ikke MultiPEM helt ferdig utviklet, men hadde de startet nå hadde de nok benyttet seg av det.

Fremdriftsplaner

Alle informantene mener at fremdriftsplanene per nå fungerer relativt bra. På Tønsbergprosjektet hadde de som nevnt i kapittel 5.1.1 litt overordnede planer i starten, noe informantene forteller at fungerte dårlig. Den planen de har nå, som er en mer detaljert og gjennomarbeidet plan, fungerer bedre. Informantene forteller at det tok litt tid før de fant ut hva som fungerer og hva som ikke fungerer. PS forteller at nå er *"planen vår god i forhold til at fremdriftsrapporteringen knyttes opp mot statuser i modellen og andre leveranser og milepæler vi har. Vi får et realistisk bilde på det, og det synliggjør hvor langt vi faktisk har kommet og hvordan vi ligger an"*. OL og BIM-koordinator nevner at fremdriftsplanen er stor, og det kan være utfordrende å finne hvor ting er koblet sammen. Samtidig har de én plan for prosjektering og én plan for leveranse på byggeplass. Disse planene utvikles ofte av forskjellige parter og er derfor ikke koblet mot hverandre. Å knytte disse sammen er en utfordring, og noe de har jobbet mye med. Planen er også kun delvis koblet til BIM og det er ikke så enkelt å finne igjen aktivitetene i BIM-modellen.

På Tønsbergprosjektet forteller både PS og OL at det er litt for lett å skyve på interne datoer. Det er ikke noe de ser på som et problem, men heller en utfordring. Da dette er en IPD-kontrakt vil alt være «internt», og datoene internt i prosjektet sklir fort. De følger likevel prosjektets overordnede plan for bygging, men ikke alltid sin egen prosjekteringsplan.

Mange kundeinitierte endringer på Lyse-Fagrafjell gjorde at det *"ble masse omgjøringer"*, og at det ble vanskelig å følge planen helt. Flere endringer kom etter prosjekteringsfrys, da alt egentlig skal være låst. Dette er det vanskelig å planlegge med. Kunden hadde samtidig veldig harde frister, noe som krevde god planlegging fra prosjekteringsledelsen. Dette gjør at informantene mener planen fungerte greit. PS forteller at *"kunden ikke involverer seg så mye i det vi gjør, og derfor burde vi kanskje vært tydeligere på når vi trenger informasjon fra kunden"*. Det vil alltid komme overraskende elementer fortløpende, og det er vanskelig å definere milepæler tidlig. Noe de kunne vært flinkere på, ifølge PS, er å følge det opp oftere.

Fremdriftsplanen på Jølsta er i stor grad påvirket av entreprenøren. PS forteller at det er vanskelig å få til å lage en milepælsplan fra dag én, *"det er en iterativ prosess"*. Informanten forteller at *"man vet aldri hvor detaljert man bør være. Hvis det blir for mye informasjon så drukner man, og hvis det blir for enkelt så er det ikke nok informasjon til å dra prosessen videre"*. Likevel beskriver informantene fra dette prosjektet at planen fungerer bra. Den følges i stor grad. Om de eventuelt ligger bak på noen leveransepakker er det på grunn av ny informasjon eller økt arbeidsomfang. Fremdriften blir vurdert ukentlig, og mer grundig månedlig.

PNS

PNS på de tre prosjektene fungerer ganske bra ifølge informantene. På Lyse-Fagrafjell forteller PS at PNS *"gjorde det veldig enkelt å kontrollere timene"*. PS føler at den ga fremdriftsinformasjonen de trengte, selv om budsjettet på hver aktivitet var relativt stort. Både PNS og KTR-strukturen på Lyse-Fagrafjell var i stor grad formet av hvordan kunden ønsket at de skulle levere. Det var kunden som påla at Multiconsult skulle dele det opp på en viss måte, og den var veldig detaljert. Multiconsult hadde likevel en viss grad av frihet, og brukte mye tid på å planlegge både med kunden og internt. PRL forteller at det er veldig mange koder å følge opp, men at det fungerer greit. OL forklarer at PNS-en er *"veldig leveransebasert, på hvilke beslutningsdokumenter kunden trengte til sin beslutningsprosess"*.

Tønsbergprosjektet gjennomføres som en samspillskontrakt, som er en relativt ny type kontrakt i Norge. Det innebærer at byggherren ønsket å gjøre flere ting på nye måter og hadde flere intensjoner om hvordan prosjektet skulle gjennomføres. Det viste seg at den tradisjonelle måten å gjøre ting på i flere tilfeller var den beste, også når det gjaldt PNS. Prosjektet brukte mye tid på å finne ut hvordan de faktisk skulle jobbe og gjennomføre prosjekteringen av prosjektet. Sånn som prosjektet er brutt ned nå, mener informantene fungerer bra. OL forteller at *"det er ikke noen tvil om at dette prosjektet har funnet sin utvikling"*. Nedbrytningsstrukturen i planen og detaljeringsnivået er mye bedre gjennomarbeidet nå enn det var tidligere, ifølge PS.

På Jølstra har PS enkelte ganger fått tilbakemelding om at noen leveransepakker har vært for detaljert. Andre pakker har de delt inn i flere etter at de startet fordi det har vært hensiktsmessig. PS forteller at *"jeg tror det blir til ved prøving og feiling. Det er ikke noe som er helt låst"*. Når det gjelder KTR-strukturen er den vært svært detaljert. OL forteller at det å ha en detaljert KTR er bra i forhold til gjennomføring av endringsvarsler. De bruker den, og teksten som står der, for blant annet endringsstyring. Det at den er en-til-en med PNS er bra ifølge informantene.

5.2.2 Bruk av status

Forståelse av statusnivå

Flere av informantene uttrykker at det er en god forståelse av statusnivå i prosjektet. Det er likevel enkelte personer som ikke har det helt innarbeidet, men det blir bedre og bedre jo mer man jobber med det. Alle prosjektene brukte mye tid i starten for å få på plass forståelse av de ulike statusene slik at alle skal skjønne forskjellen og forstå det på samme måte. Bruk av status er beskrevet i prosjektenes BIM-manual, men det er ikke alle som leser den. På Lyse-Fagrafjell er det jobbet mye med å definere statusene så klart og tydelig som mulig, uten å bli for detaljert. Da prosjekteringsprosessen ble startet opp hadde prosjekteringsledelsen et møte med disiplinene hvor de gikk igjennom hvordan de jobber etter status. Gjennom prosjektet har de hatt mange tverrfaglige møter det status har blitt diskutert *"på kryss og tvers"* mellom fagene, noe som har bidratt til økt forståelse. På Jølstra er det en høy forståelse av statusnivå mye på grunn av at de som modellerer er veldig erfarne og allerede godt kjent med de ulike statusene, men også fordi det er så få involverte i BIM-modellen.

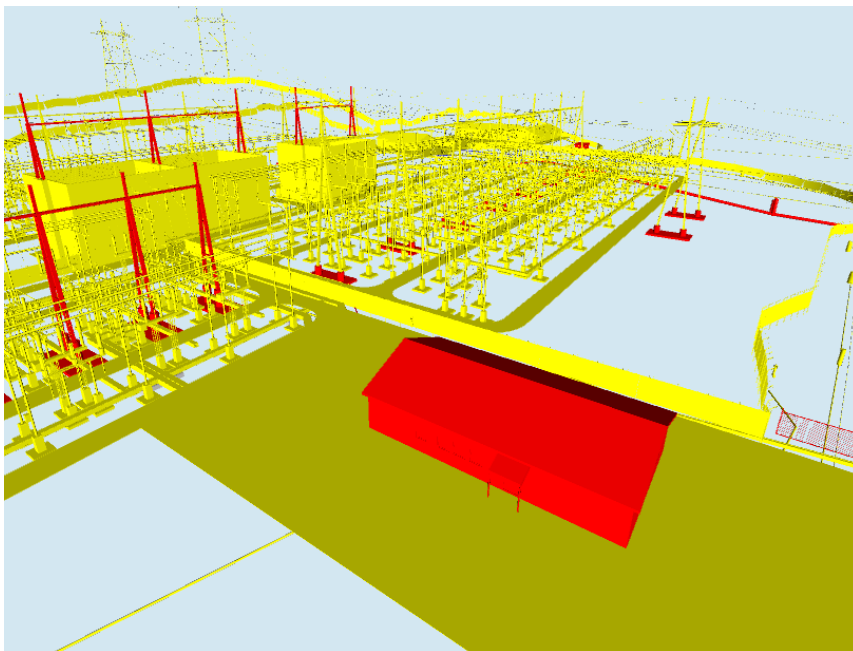
Alle informantene forteller at det er mange flinke "*BIM-ere*" på disiplinnivå. Bruk av status står sentralt i alle prosjektene selv om ikke alle de involverte driver spesifikt med status. Informantene uttrykker at de gjorde en god jobb med å få alle til å få den samme forståelsen for de ulike statusnivåene.

Fordeler med bruk av status

Informantene beskriver mange fordeler med bruk av status til fremdriftsstyring i prosjekteringen. De viktigste fordelene informantene mener bruk av status gir for fremdriftsstyring i prosjektering er:

- Visuelt sterkt fremdriftsverktøy
- Potensielt hindre sene kundeinitierte endringer
- Se trender tidlig
- Styre prosessen underveis
- Bedre kontroll på kvalitet
- Kvalitativ måling av fremdrift

Det som blir trukket frem av flest informanter er at fargekoding av statuser gjør BIM til et visuelt sterkt verktøy. Man ser med en gang modenheten i BIM-modellen på statusnivå. Det er et godt verktøy for å synliggjøre hvor langt man har kommet, istedenfor å si et tall. Fargekodingen gjør at man tydelig ser når ting ikke er klart, og synliggjør dermed problemområder. En informant forteller at da "*begynte flere å spørre hvorfor vi henger bak og hva vi må gjøre for å komme oss videre*". Man kan raskt sortere ut det som ligger bak skjema. PS på det ene prosjektet forklarer at "*sammenstillingsmodell gir overblikk og totalitet over de forskjellige tingene*". Fargekodingen er også en visuell måte å tydeliggjøre bruk og definisjoner av statusnivå. Figur 21 viser et eksempel på visualisering av status under prosjektering av Lyse-Fagrafjell stasjon. For eksempel kan det sees at en bygning, noen fundamenter og innstrekksstativ har et lavere statusnivå enn apparatanlegg og sjakter.



Figur 21: Eksempel på visualisering av status (Hentet fra Lyse-Fagrafjells BIM-manual)

Det tydelige og visuelle verktøyet kan samtidig benyttes mot kunden. Dette nevnes av alle informantene på Lyse-Fagrafjell og Jølstra. Disse prosjektene tar frem den statussatte BIM-modellen i prosjekteringsmøtene med kunde, og ser stor verdi av dette. En informant fra Lyse-Fagrafjell forteller at i starten var ikke kunden så interessert eller positiv til dette med bruk av status. Kunden tenkte at det var en intern prosess og de ønsket kun å se et ferdig produkt, ikke prosessen imellom. Da prosjekteringsgruppen viste frem BIM-modellen i møter ble de mer positive. Informanten forteller at *"de så at nå har ting fått en annen farge, noe har kommet lenger, og noe henger fremdeles etter med en annen farge. De så verdien av det etter hvert som vi brukte det"*. Det er ikke bare et internt kommunikasjonsverktøy. En annen informant forteller at kunden enklere ser at Multiconsult trenger informasjon for å komme seg videre, og at dersom de kommer med endringer når ting er ferdig (frost) vil det bety en betydelig omprosjektering. Bruk av status i BIM-modell er et fint visuelt verktøy for å hindre at store endringer oppstår sent. Det blir også fortalt at kunden bruker BIM-modellen mot sitt eget styre og selv går inn i modellen og ser. I noen tilfeller fant til og med kunden ting som prosjekteringsgruppen skulle rette på, ganske tidlig. På Tønsbergprosjektet blir ikke BIM-modellen brukt i møter med kunden. Her får kunden ukentlige rapporteringer med oversikt over andel objekter som fikk status. En av informantene fra dette prosjektet mener at *"verdien for dem er at vi blir ferdig og holder kostnadene nede"*. Denne informanten ser bruk av status kun som et hjelpemiddel for prosjekteringen.

Flere informanter trekker frem at en fordel ved å bruke BIM i fremdriftsstyringen er at du kan se trender tidlig, som igjen gjør at du eventuelt kan justere eller korrigere for det. En BIM-koordinator beskriver et eksempel: *"Hvis vi vet at vi er i midten av en milepæl og objektene bare er 20 % ferdig, kan vi gå til disiplinene og spørre om statusen stemmer. Kanskje de har glemt å statussette alt, og egentlig er ferdig, eller så kan det bety at de ikke kommer til å bli ferdige til den datoen de skal"*.

Samtidig gjør bruk av status at du kan styre prosessen underveis. I et tradisjonelt prosjekteringsoppdrag, som Lyse-Fagrafjell og Tønsbergprosjektet, som leverer tegninger, vil man uten status ha null fremdrift helt til man begynner å levere tegninger. OL på Lyse-Fagrafjell forteller at det er først da oppdragsledelsen ser hva som er produsert. En annen forklarer at hvis du kun måler på inntjent verdi har du ingen måte å se hva som foregår i BIM-modellen før du kommer til datoen hvor tegninger skal leveres. Det er først når tegningene produseres at man kan begynne å sette fremdriftsprosenten høyere. Hvis man har status underveis i prosjekteringen, før tegningsproduksjon, *"har man mulighet til å beregne en helt annen type inntjent verdi"*. Når prosessen styres underveis på denne måten, vil man kunne kvalitetssikre produksjonen veldig tidlig. OL forklarer kvalitetssikringen, KS, slik; *"du får en KS-prosess som blir litt integrert i prosjekteringen"*. Når tegningen da kommer, har man forhåpentligvis plukket opp alle grensesnittene mot alle fag og sjekket funksjonaliteten. De typiske KS-sjekklistene, som ofte blir gjort alene, blir da tatt i blant annet tverrfaglige møter.

Bruk av BIM gir en mer kvalitativ og ærlig måling av fremdrift fremfor å kun benytte seg av subjektive vurderinger av fremdrift. BIM-modellen kan *"ikke sminke på tallene"*. Det er likevel ting man må vurdere og som ligger bak statussettingen, men det gir en enkel oversikt over hvor du er i BIM-modellen og etter hvert kontroll på kvaliteten på det som er i BIM-modellen.

Utfordringer med bruk av status

Informantene peker på flere utfordringer med bruk av status i prosjekter. Noen av utfordringene går på selve BIM-verktøyet, andre på menneskene og prosessen rundt bruken av det. Utfordringene som nevnes er blant annet:

- Fagene jobber i forskjellige BIM-verktøy
- Tidkrevende modelladministrasjon
- Enkelte BIM-verktøy har ikke programvarestøtte for statussetting
- Kvalitative målinger rett ut kan gi feil bilde
- Vegring for å sette status
- Få eierskap til bruk av status
- Lite erfaring og kompetanse (hos prosjekteringsgruppe og hos kunde)
- Bruke hele statusspekteret

Den største utfordringen, som nevnes av 7 informanter, er at fagene jobber i forskjellige BIM-verktøy. Denne utfordringen er størst på Lyse-Fagrafjell, der mer enn tre BIM-verktøy benyttes. OL på dette prosjektet nevner at *"mye av utfordringen på å håndtere grensesnittene mellom fagene handler om at vi jobber i ulike verktøy"*. Det at fagene jobber i ulike verktøy gjøre at det blir mye modelladministrasjon for BIM-koordinatorene. Alle verktøyene har heller ikke programvarestøtte for statussetting, så når de samles i én BIM-modell krever det ekstra arbeid for å få på plass statussettingen. Det tar mye tid å konvertere, legge til og oppdatere sammenstillingsmodellen. På Jølstra, der den ene fagdisiplinen jobber i ett BIM-verktøy, og importerer fra leverandørene, er det mer oversiktlig.

En annen type modelladministrasjon finnes derimot på Jølstra. På dette prosjektet laster de ned BIM-modellene fra leverandørene og har ansvar for å laste det opp på en felles plattform. Informantene forklarer at de ikke har fått til et system på hvordan status skal vises i leverandørmodellene, og at det ikke samsvarer helt med det systemet som Multiconsult bruker.

Det nevnes også at det å hente kvalitative tall rett ut fra BIM-modellen ikke nødvendigvis gir et riktig bilde av fremdriften. I tillegg til å ta ut tallene må man gjøre en tolkning av det som hentes ut. En informant forteller at *"hvis man har 80 % av objekter på riktig status, så er det ikke nødvendigvis 80 % ferdig. Det kan være de siste 5 % tar mest tid"*. Det er dette man må være sikker på, og forstå det man egentlig henter ut.

Alle prosjektstyrerne nevner at det noen ganger er *"en vegring for å endre status"*. De føler at terskelen for å endre eller øke en status er stor, så når folk først gjør det kan man anta at det er pålitelig. De oppfatter at disiplinene er mer redd for å sette ny status for tidlig, enn å sette status feil. Det å si at man er 100 % ferdig er det vanskelig for disiplinene å melde. På Jølstra, der Multiconsult mottar leverandørmodeller, oppfattes det også at leverandørene er redde for å sette status, noe på grunn av at de kanskje ikke har den samme forståelsen for statusnivå som det Multiconsult har. PRL/OL forteller at *"vi er heller for dårlige til å bruke status enn at vi går tilbake på det. Det er oftere at vi burde ha satt frys, men at vi er litt slappe og ikke får det med oss, eller at vi ikke har tid til å gå igjennom det"*.

"En bedre innarbeidet forståelse av statusene gjør at du får mer eierskap til det", forteller en av informantene. En utfordring er å få et eierskap til bruk av status. Dette gjelder ikke bare blant leverandører, som nevnt i foregående avsnitt, men også i prosjekteringsgruppen. Det kan ofte være et problem tidlig i prosjektet, men som blir bedre jo mer man jobber med det. Disiplinlederne får bedre erfaring og forståelse over systemet dersom de bruker tid på det og tid på å sette seg inn i det. Det nevnes at dette kan være en av grunnene til at en fryst BIM-modell må "åpnes", fordi fagene ikke er tro mot, eller har god nok forståelse for bruk av status. Noen informanter forteller at de *har* opplevd at ting i BIM-modellen endres selv om det er fryst, blant annet fordi "*noen leverandører er ikke så gode på å overholde statussystemet*". Det nevnes at flere fagområder ikke har noe særlig forhold til å bruke status og derfor er for dårlige på å bruke det. En av grunnene til lite eierskap til bruk av status kan være mangel på erfaring og kompetanse. Noen av informantene forteller at noen av de som setter status har lite erfaring på området. De ansvarlige personene må lære seg systemet og hva som er hensikten med at det brukes. Mangel på kompetanse knyttet til bruk av status er også en utfordring blant kundene. BIM-modellen tas gjerne frem i møter med kunden og deres manglende kompetanse kan gjøre det vanskelig for de å se viktigheten av bruk av status, ifølge informanter på Lyse-Fagrafjell og Jølstra.

På Jølstra forteller informantene at det er vanskelig å sette fremdrift mellom S2 og S3. Her mener informantene at det egentlig bare blir en slags "*best guess*". Det er en usikkerhet knyttet til det fremdriftsprosenten man setter, om den er 40 % eller 60 %. Dette kan gi store utslag hvis budsjettet er stort. De er på dette prosjektet litt dårlige til å bruke status S3, og har flere ganger gått rett fra status S2 til S4.

5.2.3 Fremdriftsoppfølging og –rapportering

Oppfølging og rapportering av fremdrift fungerer bra i prosjektene, og har generelt fungert bedre gjennom prosjektets gang. Informantene forteller at de har tett oppfølging av fremdrift. Det blir gjort enkelt ved oppfølging i et planverktøy og jevnlig kontakt med disiplinlederne for innspill på fremdrift. Status med modenhet blir mer og mer brukt for å tenke fremdriftsrapportering.

På Tønsbergprosjektet, der de startet litt sent med detaljert fremdriftsrapportering, blir det forklart at de har nok ikke brukt fremdriftsstyringen komplett for hele prosjektet eller hele objektet godt nok. De områdene de har gjort det fullt ut fungerer det bra. OL forteller at de store fagene som rapporterer nå, er mer realistiske i sin rapportering enn det de var tidligere. Tidligere var de kanskje mer optimistiske, men at de nå har innsett at "*det er ingen som er tjent med å melde for mye eller for lite fremdrift*". PS forteller at fremdriftsrapporteringen i mye større grad er knyttet opp mot inntjent verdi nå, og at dette "*har alt å si for fremdriftsrapporteringen*". Uten inntjent verdi er det vanskelig å vite hvordan man egentlig ligger an.

Den detaljerte KTR-en på Lyse-Fagrafjell byr på noen utfordringer. Det at det er så mange timekoder å føre timene sine på kan forvirre mange. De har jobbet mye med å gi en tydelig oversikt over hvert fags koder, og går igjennom timelisten ukentlig for å luke ut feilføringer.

Krav til leveranse

Flere av informantene uttrykker at det er en utfordring å ha tydelige krav til leveranse fra fagene både når det gjelder tegninger og BIM-modell. Likevel ha de fleste en oppfatning av at kravene er tydelige for alle de prosjekterende. Den tette oppfølgingen fra PS gjør at de prosjekterende stort sett vet hva som skal leveres videre. På Lyse-Fagrafjell, der de leverer tegninger foran BIM-modell, er kravene tydelige. Når det gjelder hva som skal leveres i BIM-modell, forteller BIM-koordinator at kravene er litt mindre tydelige. PRL uttrykker også at det er vanskeligere på en BIM-modell å si at det er bra nok eller at det burde vært bedre, *"personer kan ha litt forskjellige mening om hva som er bra nok"*. På tegninger er det lettere å stille krav, for eksempel til format, fonter, størrelse og ordbruk. På Tønsbergprosjektet, der BIM-modell gjelder foran tegninger, forteller PRL at det overordnet sett er ganske tydelig, men at *"mye i ytterkanten er ikke definert, og kunne og burde vært bedre definert"*.

På det tegningsløse prosjektet Jølstra har de en klar definisjon av status og leveranser. Utfordringen her går på at de ulike leverandørene igjen har underleverandører, kanskje ikke forholder seg til status på samme måte. Det er vanskelig for PRL/OL å sjekke om det som er levert faktisk stemmer.

5.3 Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsstyring optimaliseres?

Her presenteres funnene fra intervjuene som knyttes til det tredje forskningsspørsmålet.

5.3.1 Fremdriftsplanlegging

MultiPEM

Prosess- og teknologidimensjonen i MultiPEM fungerer bra i de prosjektene som bruker det, og det nevnes flere fordeler med å følge en prosjektgjennomføringsmodell, og tilpasse den til prosjektet. OL på Jølstra forteller at *"det er jo oppskriften på en god prosjektgjennomføring, at du faktisk klarer å få alle aktører opp til samme nivå til en viss tid før du går videre. Det er sånn vi klarer å ha gode prosjekter"*. Det kan være krevende å få til, men det er viktig å prøve, og å få kunden til å være enige om måten å jobbe på. En OL mener at *"fremover må vi tenke mer ulik status fremfor steg og milepæler"*. Hvis man får til ulik status på ulike styringsobjekter underveis, og planlegger ut fra det, mener informanten at man *"egentlig ikke trenger så mye styring i form av steg og milepæler, kanskje bare på et litt mer overordnet nivå"*.

Fremdriftsplaner

Viktigheten av en god, detaljert og gjennomarbeidet plan blir nevnt hyppig i intervjuene. For å få bruk av status til å fungere er det viktig å investere ekstra tid til å jobbe med plan og gjennomføring, *"både på prosjektnivå sammen med kunde og entreprenører, og på prosjekteringsnivå sammen med disiplinledere og andre lederfunksjoner"*. På denne måten får man et felles eierskap til prosjekteringsplanen og gjennomføringen av prosjektet. Man ser at ting henger sammen og får frem erfaringene til å lage en god plan. Både OL fra Lyse-Fagrafjell og Tønsbergprosjektet snakker om at *"vi er nødt til å jobbe mer integrert og mer sammen"*. Det er viktig å tenke mer helhetlig når det kommer til planlegging av prosjekteringsoppdrag. Det nevnes at fagene kan involveres i planleggingen i større grad, dette vil også øke deres forståelse for bruk av status.

I planleggingen av prosjekter bør man se på hva som er gjort i andre prosjekter. For at utviklingen ikke skal gå for tregt nevnes det at man må ta inn kompetanse fra de prosjektene som har brukt status og se hvordan det er gjennomført. En av informantene sier at *"det å ta seg tid til å lære på tvers av enhetene er viktig"*. Med enheter menes det enheter innenfor Multiconsult, som for eksempel energi, bygg og samferdsel.

Noen av informantene trekker fram at det kunne vært mulig å detaljere planen mer. En informant fra Jølstra forteller at de eventuelt kunne *"ha dratt inn beslutninger fra kunden, entreprenøren og leverandøren"*, men tror det hadde blitt for mye informasjon i en plan. Denne informasjonen finnes også i leveranseplanen som de bruker når de kommuniserer med byggeplass. Det nevnes at for mye informasjon kan stjele mye av tiden, og gjøre at detaljene blir viktigere enn det store helhetsbildet.

Fremdriftsplanene kan ha en bedre kobling mot BIM, og *"enda mer tydeliggjøring av leveranser og definere dette i BIM"*, ifølge PRL på Tønsbergprosjektet. Alle fremdriftsplanene er koblet enten helt eller delvis til BIM. Det vil si at planene, og steginndelingen i planene er delt opp i forhold til modenhetsnivåer i BIM-modellen, noe som er en forutsetning for at bruk av status skal fungere optimalt. Hvis man ser statusene opp mot leveranseplanen kan man følge med på hvordan man ligger an fremdriftsmessig. På Tønsbergprosjektet kunne de ha koblet planene mot BIM på en bedre måte slik at aktivitetene var enklere å finne i BIM. PRL forteller at for å få til en en-til-en kobling må man ha en kvalitativ vurdering på fremdriften på hver aktivitet i BIM. Man må vite hva som skal være oppnådd i aktiviteten, koble aktivitetene, og få de beskrevet tydelig i BIM. På Jølstra har de fått til dette i større grad. Der er elementene i BIM-modellen knyttet opp til fremdriftsplanen på en enklere måte, der de i mye større grad har en en-til-en kobling mellom fremdriftsplanen og statusene i BIM-modellen.

PNS

Når det gjelder PNS og KTR-struktur, fungerer det ganske godt på alle prosjekter, og få av informantene har tanker om hvordan dette kunne fungert bedre. En informant forteller at det kan gå på å dele inn i færre eller flere leveransepakker, men at dette vil være individuelt fra prosjekt til prosjekt, og vanskelig å si noe om nå. Informantene på Jølstra, som hadde den mest detaljerte KTR-en, forteller at det var utfordrende med så detaljert inndeling. PS forklarer likevel at *"det kan være enklere å sette fremdrift på små pakker fordi perioden man jobber med en pakke er så kort. Hvis det hadde vært mange store pakker med mange detaljer og mye å gjøre over for eksempel to måneder, er det vanskelig å sette en bestemt fremdrift"*. Et størst mulig en-til-en-forhold mellom PNS og KTR er uansett å foretrekke. På Lyse-Fagrafjell forteller OL at hvis de hadde gjort det om igjen ville de prøvd å overbevise kunden om å gjøre PNS mer prosjekteringsbasert, da det var veldig leveransebasert. Her forteller PS at man kunne vurdert å dele inn i flere pakker for å være tryggere på å vite nøyaktig om pakker er klar og du kan endre status. Det er mer tidkrevende, og man må finne ut hva som er best for prosjekteringsgruppen, kunden og for entreprenøren.

5.3.2 Bruk av status

Forståelse av statusnivå

For å få en god forståelse av statusnivå nevner en PRL at det er viktig at ting defineres på et nivå utenfor prosjektet. Det må være kjent informasjon i det man går inn i et prosjekt. Samtidig må man ha tydelig kommunikasjon internt i prosjektet for å få en stadig påminnelse om hva som ligger i de ulike statusene. En OL forklarer at hvis *"vi klarer å kommunisere noen klare prinsipper som de prosjekterende skal forholde seg til, så tar de litt eierskap til de prinsippene og overfører det til sitt eget fag"*. Statusnivåene kan tydeliggjøres ved at det lages en god prosedyre som forteller hva det betyr å statussette. Det nevnes også at det er viktig *«å ha et klart mål i oppstartsmøte om å bruke status, og gå igjennom definisjonene i fellesskap og passe på at det er veldig overordnet og klare»*. Informanten forteller at man bør ha mer fokus på leveransepakker helt fra starten. Som nevnt i kapittel 5.3.1 vil det å få fagene med på planlegge kunne øke deres forståelse for bruk og definisjoner av statusnivå.

Flere informanter nevner også at mer bruk av BIM-modell i møter. Hvis man viser frem både prosjekteringsplanen med milepæler, og sammenstillingsmodellen med statuser, kan man enklere se sammenhengen mellom de to. En av prosjektstyrerne forteller at det kan være lurt å *"ta screenshot av modellen hvis det sendes ut felles mail med status"*. I store prosjekter er det ikke sikkert at alle er med i møtene, og de har derfor ikke eierskap til systemet i like stor grad. Ved å sende ut en ukentlig statusmail til alle i prosjektet med screenshots av elementer i prosjektet vil man samtidig enkelt kunne se hva som skjer og har skjedd fra uke til uke.

Forutsetninger for å kunne bruke status

For å kunne bruke status er det flere forutsetninger som må til.

- En god og detaljert fremdriftsplan
- Kunnskap
- Kompetanse
- Forankring
- Være tro til statussystemet
- Stole på det som ligger i BIM-modellen

En god og detaljert plan, som nevnt i kapittel 5.3.1, er selvsagt en forutsetning. Kunnskap er en annen viktig forutsetning ifølge informantene. Alle må kunne verktøyet, ikke bare de som setter statusene. De ulike fagområdene må ha god kunnskap om de nødvendige objektene slik at man kan gi de riktige informasjon. Oppdragsledelsen må også ha god nok forståelse for hva dette innebærer, og være motivert til å gjøre det. Flere informanter nevner at det er kompetansen hos de som sitter på ledelse- og styringsoppgaver det ligger. De som måler og følger opp fremdrift må ha kunnskap om, og vite hva BIM kan brukes til. De må kunne gå inn i sammenstillingsmodellen på egen hånd og hente ut informasjonen selv. Det nevnes fra en BIM-koordinator at *"hvis du ikke har kompetansen i prosjektet, blir det en terskel bare å sette i gang"*. En av informantene mener at det er viktig at disiplinlederne også får et forhold til fremdriftsrapportering og inntjent verdi, og at dette blir kommunisert nedover i prosjektet.

Implementering av verktøyet forutsetter kultur og kompetanse hos oppdragsledelsen. Man kommer ikke så langt hvis *"oppdragsledelsen bare setter i gang prosjektet uten å planlegge så nøye. Det må forankres lengre opp"*. Det er også viktig med en BIM-koordinatorrolle som hjelper fagene å sette opp og følge opp systemet. Et godt samarbeid mellom denne rollen og prosjektstyringen er samtidig viktig. En av BIM-koordinatorerne forteller at hvis *"prosjektstyrer forklarer hva som er behovene for de, hva de må måle og hvordan de skal se fremdrift og rapportere, kan en BIM-person hjelpe de med å oppnå dette"*.

Det er også viktig å være tro til bruk av status. Ifølge en av informantene skal man *"bruke systemet på en ordentlig måte og ikke bare løfte status for å nå en milepæl"*. Man må være ærlig i det man gjør. Dette henger sammen med forutsetningen om kunnskap. Hvis man skal skjønne hva slags informasjon man faktisk henter ut, må man ha en viss kunnskap om det man driver med. Personer må forstå hensikten med metodikken. For å få til dette er det viktig å bygge opp erfaring og kunnskap i ulike programvarer. Da kan man se tekniske utfordringer tidligere, før de kommer, ifølge en PS.

Alle informantene ble stilt spørsmål om de hadde noen tanker om påliteligheten til ferdighetsgraden til objektene i BIM-modellen, om informasjonen i modellen er pålitelig. Svarene gikk stort sett ut på at man *må* stole på det som ligger i BIM-modellen. Hvis ikke, er systemet ganske *"ubrukelig"*. Informantene har sjelden opplevd feilvurderinger fra disiplinledere, og de har stor tillit til både PRL og DL. Det at de selv må si at noe er ferdig, mener en OL er veldig viktig.

Optimalisering av dagens praksis

Dagens praksis kan optimaliseres på flere måter. Informantene nevner punkter som:

- Bruke BIM-modellen mer i møter
- Tettere samarbeid mellom aktører
- Bruke sjekklister for statusendringer
- Standardisering av statusene

Som nevnt tidligere i kapittel 5.3.2, nevner de fleste informantene at BIM-modellen bør brukes mer i møter, Ikke bare gir det bedre forståelse for statusnivåene, men ord som dukker opp fra intervjuene er blant annet større eierskap, kunnskap og kompetanse. Ved å ta opp sammenstillingsmodellen i hvert prosjekteringsmøte med både fargekoder og status kan man enkelt vise hvor man henger etter og hvor det er uavklarte ting. På både Lyse-Fagrafjell og Jølstra ser de samtidig stor verdi i å sende ut BIM-modellen og vise den i møter med kunden, se kapittel 5.2.2. Kunden har også, som prosjekteringsgruppen, behov for økt kompetanse. En OL sier at *"kompetansekravene har endret seg en del. Derfor må vi bli flinkere til å opplære kundene våre"*. Det er viktig å vise kunden viktigheten av status og hvordan de kan navigere i sammenstillingsmodellen.

På Jølstra, der leverandørene hadde en *"vegring"* for å sette status, jobbes det med å finne en god måte for leverandørene å kommunisere til dem hvilket statusnivå BIM-modellen deres har. Det trekkes frem at de *"burde hatt mer koordineringsrunder med de ulike premissgivende leverandørene"*. Å ha møter der man blir enige om statusene gir samtidig mer forpliktelse ovenfor leverandørene. Dersom Multiconsult har frist om status S2 en gitt dato, bør det samme kravet gjelde for leverandørene, og et par uker senere bør alle ha en S2-gjennomgang for å følge opp statusene som er satt.

På Tønsbergprosjektet forteller BIM-koordinator at systemet godt kan utvides med statuser og *"for eksempel ha en egen status for å få informasjon og implementere informasjon for de objektene som allerede er bygd"*. Det er noe de ikke gjør på dette prosjektet, men som informanten ser på som en fordel spesielt med tanke på endringer, å *"eskalere objekter som allerede er bygd og vise det i modell"*. Her har de ikke oversikt over det som er bygd fordi det ikke er kommunisert ved hjelp av status. En "som bygget"-status er definert i BIM-manualen til Tønsbergprosjektet, men det er tydeligvis ikke noe de implementert i prosjektet. Det er kun Jølstra som har definert en "som bygget"-status i sin BIM-manual og samtidig brukt det i prosjektet.

PRL på Tønsbergprosjektet forteller at de burde ha brukt sjekklister for evaluering av modenhet i BIM-modellen, og at de *"burde definert statusene sånn at PS12 inneholder geometri og tverrfaglig informasjon"*. På Jølstra forteller PS at ferdighetsgraden til objektene i BIM-modellen er til å stole på fordi de har gjennomgått en sjekklister som *"gjør oss tryggere på at vi har husket alt, og sjekket alt"*.

Ved å få en bedre innarbeidet forståelse av statusene vil man også få mer eierskap til det, ifølge en PRL. Informanten utdyper dette ved å si at det går litt på standardisering, både i Multiconsult og i bransjen. Da vil det *"sitte mer i ryggraden hva det vil si å statussette"*, og man får mer eierskap til det. En annen informant trekker også frem at *"hvis metodikken ligger i ryggraden, krever det ikke så mye ekstra arbeid å statussette"*. Generelt kommer det frem at det er viktig at disiplinlederne har et eierskap til dette med fremdriftsstyring og rapportering. Da vil de få en bedre oversikt over det selv, og kunne se hvordan de ligger an og *«planlegge ressursene sine bedre og flittigere»*.

Videreutvikling

Selv om det er måter å videreutvikle fremdriftsstyring ved bruk av BIM på, trekkes det frem at *"før vi kan begynne å utvikle det så må vi bygge kunnskap og komme oss på det nivået vi ønsker å være"*. Likevel har informantene flere tanker om videreutvikling av bruk av status i fremdriftsstyring. Informantene nevner blant annet:

- Flere eller færre statuser avhengig av prosjekt
- Automatisering av verktøy
- Synkronisering direkte til kunde
- Fremdriftsrapportering direkte i BIM-modell
- Alle fag jobber i samme programvare

Flere informanter forteller at man kan vurdere å ha flere statuser eller å *"dele statusene opp i et finere nivå"*. Informantene sier også at det avhenger fra prosjekt til prosjekt hva som lønner seg. En PS forteller at man definerer statusene i starten, *"hva slags statuser skal vi ha, hvor mange, hvilke statuser skal definere hva. I enkelte tilfeller kunne det kanskje betalt seg å ha flere statuser. Andre ganger er det kanskje mer fornuftig å ha en grovere struktur på det, og færre statuser"*. En informant fra Lyse-Fagrafjell forteller at det kunne vært fint med en status mellom S2 og S3, der det også kan være vanskelig å sette fremdrift. En av BIM-koordinatorene forteller at i tillegg til status *"kunne du hatt en parameter til, som var litt det samme som status, men for eksempel prosent ferdig eller ferdiggrad"*. Det blir på en måte det samme som inntjent verdi, men at du har lagt det rett inn i BIM-modellen istedenfor. Informanten vet ikke om det gir noe merverdi, men da får man visualisert det.

Et par av informantene snakker om muligheten for automatisering av BIM-verktøyet. En PS ser en fordel av at BIM-modellen kan synkroniseres direkte opp til kunden. En annen informant tenker at i fremtiden kan fremdriftsrapporteringen skje direkte i BIM-modellen. Informanten forteller at du da henter ut informasjonen direkte fra BIM-modellen og at *"alt er knyttet opp mot statuser der statusene inneholder forskjellig informasjon i forhold til hvor langt de er kommet i form av modenhet. De er knyttet opp mot bemanning, ressurser og hvor mye timer den og den aktiviteten er påført"*. Om det er fornuftig å gjøre det på denne måten kan ikke informanten si noe om.

En av de største utfordringene, som gjelder mange store, tverrfaglige prosjekt, er at fagene jobber i ulike BIM-verktøy. Flere informanter nevner at det hadde vært en fordel om alle jobber i samme programvare. Problemet er at det ikke finnes ett verktøy som er like bra for alle fagene. En av informantene sier at *"hvis man presser alle til å jobbe i samme verktøy jobber de ikke like effektivt"*. Informanten skulle ønske at leverandørene av programvarene kunne lage gode nok verktøy for alle fag. Det ville også vært en fordel dersom alle verktøyene støttet muligheten for å sette status slik at man slapp å gjøre det i etterkant når hver enkelt BIM-modell settes sammen i en sammenstillingsmodell.

5.3.3 Fremdriftsoppfølging og –rapportering

Fremdriften har vært enklere å følge opp på Jølstra enn på Lyse-Fagrafjell. Her synkroniseres BIM-modellen fortløpende til byggeplass, noe som gjør prosessen enklere. På prosjekter som leverer tegninger, som Lyse-Fagrafjell og Tønsbergprosjektet, er det mye administrasjonsarbeid med mange filer å holde styr på. Alt må gå igjennom PS, som holder styr på fremdriften. En PS nevner at samlokalisering av fagene gjør det enklere å følge opp og ta beslutninger raskt. På Jølstra, som i tillegg hadde få involverte fag, sitter alle på samme sted, noe som gjør at fagene *"ikke kan gjemme seg bort"*.

En PS nevner at fagpersoner kan involveres mer slik at de tar et større eierskap til fremdriften. Det er da snakk om fagpersonene selv, ikke bare disiplinlederne. Det er ikke alltid disiplinlederne vet nøyaktig hvordan de ligger an. Informanten forteller at *"det er ofte vi sitter i møter og de ikke vet hvor langt de har kommet på et punkt, og må spørre sin medarbeider"*. Informanten nevner også at dette er noe som må vurderes fra prosjekt til prosjekt og at det ikke finnes noen fasit på det. Det kan ta mye tid for både fagpersonene og prosjekteringsledelsen, og om det er en verdi i det, er en vurderingssak.

Prosjektstyrerne forteller om viktigheten av å sette seg ned med fagansvarlige og si *"på et helt spesifikt statusnivå; hvor langt har du kommet nå?"*. Det gir en bedre kvalitet på rapporteringen å ha en tett oppfølging av fagene, noe alle prosjektene har. Selv om inntjent verdi er viktig for å kunne vite noe om hva du faktisk har produsert, kan fremtiden være, som det nevnes av en OL, *"å ikke tenke så mye inntjent verdi, men tenke modenhet i prosjekteringen. Å ha klare, definerte modenhetsnivåer"*.

Krav til leveranse

OL på Lyse-Fagrafjell forteller at det å *"ha en god oppgaveforståelse, som kommer av en god forventningsavklaring med kunden, i starten og underveis, hadde vi kjempefokus på"*. Det vil øke tydeligheten i kravene for leveranse. Det er også viktig å bruke BIM aktivt underveis for å forstå hva det er kunden ønsker at Multiconsult leverer. På Lyse-Fagrafjell, der tegninger er hovedleveransen, forteller BIM-koordinator at hvis de skulle ha levert på BIM-modell *"måtte vi ha presisert mye mer detaljer"*. De måtte hatt mer krav til BIM-modellene enn det de har nå.

6 Drøfting

I dette kapitlet drøftes resultatene og forskningsspørsmålene opp mot funnene fra teorien, de generelle dokumentene og egen kunnskap.

6.1 Hvordan har utvalgte caseprosjekter benyttet seg av BIM i fremdriftsstyring?

I følgende kapittel diskuteres resultatene fra casestudien og dokumentstudiene opp mot relevant forskning i forhold til det første forskningsspørsmålet: "Hvordan har utvalgte caseprosjekter benyttet seg av BIM i fremdriftsstyring?"

6.1.1 Fremdriftsplanlegging- og rapportering

Jølstra og Lyse-Fagrafjell følger Multiconsults prosjektgjennomføringsmodell, MultiPEM. Selv om Tønsbergprosjektet ikke gjør det, har de en PGM som gjør at de bruker flere av de samme prinsippene gjennom blant annet VDC. Alle caseprosjektene følger et ideelt prosjekteringsforløp med stegvis prosjektering som skal sikre at aktørene går i takt og at beslutninger tas til rett tid (Eriksen & Hoffmann, 2016).

Alle fremdriftsplanene i caseprosjektene er brutt ned i leveransepakker, noe som er i henhold til MultiPEM. Fremdriftsplanene er basert på hva som skal leveres når på byggeplassen, etter innspill fra entreprenøren. Fremdriftsplanene er utviklet av prosjekteringsledelsen, med innspill fra fagene. Det er prosjekteringsledelsen som styrer, koordinerer og rapporterer fremdrift i prosjekteringsarbeidet. Alle disse arbeidsprosessene er i tråd med RIF sin veileder for prosjekteringsarbeid (RIF, 2004). Jølstra og Lyse-Fagrafjell har etablert en KTR-struktur som er reflektert mot PNS i stor grad. KTR-arkene er noe Rolstadås (2011) skriver er et viktig styringsverktøy for alle prosjekter. Leveransepakkene i PNS er basert på hva slags underlag entreprenørene trenger, og når de trenger det. På Lyse-Fagrafjell har de to fremdriftsplaner. De har da en intern fremdriftsplan som er detaljert og som de følger fremdrift på. Den eksterne planen er mer overordnet og kommuniseres ut til kunden. På Tønsbergprosjektet er fremdriftsplanen delt i to med én plan for prosjektering og én for byggeplassleveranse. Da dette er en IPD-kontrakt, som kjennetegnes av åpenhet mellom partene, vil hele planen være synlig for alle de involverte. Jølstra er det eneste prosjektet der fremdriftsplanen er en-til-en med PNS og KTR. Fremdriftsplanen er her direkte linket til fremdrift på byggeplassen.

Caseprosjektene bruker BIM-modellen til hjelp i fremdriftsrapporteringen. Informasjonen er ikke hentet direkte ut fra BIM-modellen. Tønsbergprosjektet henter ut visuelle rapporter, mens de andre tar frem modellen i større grad. Prosjektene måler fortsatt fremdrift med inntjent verdi per aktivitet/leveransepakke. Metoden som blir brukt for måling av fremdrift er prosent fullført, og baserer seg både på statusene som er satt i BIM-modellen og på hvor langt disiplinlederne mener at de har kommet. Opp mot en milepæl vil disiplinlederne fortelle og begrunne hvor langt de har kommet i BIM-modellen på det tidspunktet. Som både Chin et al. (2004), Fleming & Koppelman (2010), Rolstadås (2011) og Mejlænder-Larsen (2019a) skriver er prosent fullført, det vil si subjektive vurderinger av fremdrift, den mest vanlige metoden for fremdriftsrapportering ved inntjent verdi. På en måte er metoden som brukes i disse caseprosjektene fortsatt basert på ærlighet, og en viss form for subjektiv vurdering, slik den er for tradisjonelle prosjekter som kun rapporterer inntjent verdi av tegninger.

6.1.2 Energiprojekt vs. Byggeprosjekt

Lyse-Fagrafjell og Jølstra er begge landbaserte energiprojekter. Tønsbergprosjektet er et rent byggeprosjekt. Energiprojekter og byggeprosjekter både ulike og like på flere måter. Når det gjelder geografi, må anlegg som vannkraftverk og transformatorstasjoner gli mer inn i terrenget enn det er sykehus må, da de gjerne bygges midt i naturen. Det må tas mer hensyn til naturen og omgivelsene rundt. Dette er noe BIM kan brukes til å visualisere. Sykehus bygges jo der det er allerede er mange bygninger, men her må det kanskje tas mer hensyn til blant annet naboer.

Alle de tre caseprosjektene er komplekse på forskjellig vis. Byggeprosjekter generelt har andre krav til for eksempel brannsikkerhet, akustikk og romklima enn energiprojekter. I byggeprosjekter er det samtidig mer fokus på blant annet arealeffektivitet og energieffektivitet enn det er ved bygging av vannkraftverk. Tønsbergprosjektet har høye krav til informasjon og forskrifter som må holdes. Energiprojekter er komplekse på andre måter. På for eksempel Lyse-Fagrafjell var det mange avstandskrav som måtte holdes, noe som gjorde prosjektering av VA-anlegg komplekst da det ikke kunne krysse konstruksjonene som skulle stikke et stykke ned i bakken. Jølstra, og andre vannkraftverk, kjennetegnes av store maskiner og mye hydraulikk. Selv om det ved energiprojekter er mye grunn- og fjellarbeider, er det fortsatt mye byggearbeider. Det er nok mer grunn- og fjellarbeider som må gjøres før man kan begynne å bygge, enn det er ved bygging av bygninger som sykehus.

Det finnes likevel flere likheter mellom landbaserte energiprojekter og byggeprosjekter. Energiprojekter blir gjerne sammenlignet med olje- og gassprosjekter selv om de muligens oppfatter seg nærmere byggebransjen. Ved alle caseprosjektene i denne studien bygges det bygninger, men av ulik størrelse. Tønsbergprosjektet er helt klart det største prosjektet i antall kvadratmeter, og kan anses som et stort prosjekt. Lyse-Fagrafjell og Jølstra er heller mellomstore prosjekter. Kravene til de prosjekterende endres ikke av den grunn. Det vil være like store krav til prosjekterende uavhengig av prosjekttype og –størrelse. Alle prosjektene vil fortsatt ha flere av de samme primærdisiplinene og de vil være tverrfaglig utfordrende. Både LARK, RIB og RIVA er inne i alle prosjektene, men bidrar i ulik grad.

Selv om det er forskjeller mellom prosjektene av karakterer som er nevnt over, vil rammene rundt prosjektene være ganske like. Både energiprojekter og byggeprosjekter er en form for investeringsprosjekt som produserer eller endrer det menneskeskapt miljøet. Kommunikasjon og interaksjon mellom aktører foregår på samme måte. Om de involverte er samlokalisert eller ikke, er ikke noe som kjennetegner spesielt energiprojekter eller byggeprosjekter. Prosjekteringen og bruk av status i seg selv kan være like kompleks hos en RIVA på kraftverk som en RIVA på sykehusbygg. Det er nok ikke så viktig hva man bygger, om det er et energiprojekt, byggeprosjekt eller samferdselsprosjekt. Det viktigste er nok å organisere oppdraget slik at man får til god informasjonsflyt og kommunikasjon med kunden og internt i prosjekteringsteamet - spesielt ned til disiplinledere. Det er det som er rammene rundt prosjektet og viktig i forbindelse med fremdriftsstyring. Oppgavene til prosjekteringsledelsen vil være ganske like fra prosjekt til prosjekt, mens oppgavene vil være litt ulike for de prosjekterende. Koordinering, kontroll og oppfølging foregår på samme måte. Det samme gjelder kommunikasjon med aktørene (kunde, entreprenør og prosjekterende). Med tanke på bruk av status og styring av fremdrift ved bruk av status, har det nok ikke så mye å si hva slags type prosjekt det er.

6.1.3 Entrepriseform og kundeinvolvering

De tre caseprosjektene har ulike entrepriseformer. Tønsbergprosjektet benytter seg av en IPD-kontrakt, som er en av de nyeste samspillskontraktene i Norge. I en slik kontrakt involveres partene tidlig og skal ha et tett samarbeid gjennom hele prosjektet. IPD-kontrakten gir mer åpenhet rundt samspill og nye metoder for samhandling, og er med på å sette rammene for et mer innovativt prosjekt (Multiconsult, 2017b). De to andre prosjektene har i utgangspunktet et mer delt samarbeid mellom partene, spesielt da mellom den prosjekterende og oppdragsgiver. Det er derfor interessant at BIM-modellen ble brukt mer mot kunden i disse prosjektene enn i Tønsbergprosjektet. Det at pengene er i en felles pott gjør at utførende og prosjekterende burde ønske å involvere kunden mer for å unngå endringer sent i prosjekteringen som kan påvirke kostnadene. Det er mulig det er en forskjell mellom energi- og byggeprosjekter som gjør at kunden er mer involvert, uten at det skal spekuleres for mye i dette. I disse caseprosjektene, Lyse-Fagrafjell og Jølstra, har kunden vært svært delaktig og til dels styrende i planleggingen av prosjektet. Det virker som om kontraktene har vært detaljerte og kunden har krevd at PNS og KTR skal være satt opp på en spesiell måte. På Lyse-Fagrafjell var blant annet KTR-strukturen basert på aktiviteter per fag og ikke per leveransepakke. PNS og leveransepakker har på Tønsbergprosjektet i større grad blitt utviklet gjennom et samarbeid mellom partene.

På Lyse-Fagrafjell og Jølstra har kunden hatt strenge krav og kontroller, men har likevel vært fremoverlent teknologisk. Det er mulig at kunden *må* være mer fremoverlent på energiprosjekter da BIM i større grad brukes til å visualisere hvordan konstruksjonen blir ser ut i terrenget enn ved byggeprosjekter. Det virker samtidig som om de prosjekterende på Tønsbergprosjektet har mer frihet enn på de andre prosjektene. På Jølstra og Lyse-Fagrafjell har kunden som tidligere nevnt mange krav og begrensninger.

6.1.4 Bruk av status

Caseprosjektene har brukt ulike metoder for å vurdere modenheten på objekter i BIM-modellen. Jølstra og Lyse-Fagrafjell har begge benyttet seg av Multiconsult sine statusdefinisjoner. I BIM-manualen til Jølstra har de definert stater som S1.1 og S1.2, som er en nummerering av kontrollspørsmål som må oppfylles før høyere status kan settes. Felles for caseprosjektene er at de statussetter større seksjoner, ikke enkeltobjekter, noe som Nøklebye (2018) mente var å foretrekke. Alle prosjektene har fargekodet statusene, men brukt ulike farger.

Tabell 20 viser en sammenligning av de ulike statusdefinisjonene og tilhørende fargekoder. Tønsbergprosjektet har valgt ut kun noen av de prosesstatuskodene man kan bruke. Tabell 12 i kapittel 3.8.3 viser at det er hele 11 koder man kan bruke for å sette status i BIM-modellen i prosjekteringsfasen, der Tønsbergprosjektet kun har valgt å bruke 5 av disse. Tønsbergprosjektet har et nivå som de andre prosjektene ikke har, PS12, som betyr at det er klart for disiplin kontroll. Da er geometrien frosset og objektet skal ikke flytte seg. På PS14 er BIM-modellen klar for tverrfaglig kontroll. Da inneholder den ikke bare riktig geometri, men også riktig informasjon og egenskaper. Informantene på dette prosjektet la vekt på viktigheten av å skille mellom geometri og egenskaper. PRL på Lyse-Fagrafjell forteller at de ikke har lagt inn materialer og egenskaper på objektene i BIM-modellen, noe de tydeligvis har gjort, og så som nødvendig, på Tønsbergprosjektet.

Tabell 20: Sammenligning av caseprosjektenes systemer for modenhet i BIM-modellen

Tønsbergprosjektet	Jølstra	Lyse-Fagrafjell
-	S0	-
PS11	S1.0 S1.1 S1.2	S1
PS12	-	-
PS14	S2.0 S2.1 S2.2	S2
PS15	S3.0	S3
PS21	S4.0	S4
	S5.0	-

Jølstra er det eneste prosjektet som bruker en status for "som bygget"- informasjon. Lyse-Fagrafjell kunne ha gjort det samme da de også bruker Multiconsult sine statusdefinisjoner, men det er mulig de ikke så behovet eller verdien i å ha det med på dette prosjektet, eller at det var utenfor omfanget for prosjekteringen. Prosesstatuskodene til buildingSmart, som Tønsbergprosjektet bruker, har definert en status for "som bygget" (buildingSmart, 2017). Ifølge BIM-koordinator er dette noe som ikke er brukt i prosjektet, da informanten uttrykket et ønske om en status for de objektene som allerede er bygd.

6.1.5 Sjekkliste i BIM-modell

Jølstra er det eneste prosjektet som har utarbeidet en avansert sjekkliste integrert i BIM-modellen. Sjekklisten var allerede utarbeidet fra et tidligere lignende prosjekt, og tilpasset Jølstra. Sjekklisten på objektnivå i BIM-modellen på Jølstra er spesifikk for vannkraftanlegg, men man kan kanskje basere seg på den hvis man ønsker å videreutvikle den for et annet type prosjekt. Ifølge MultiPEM skal statusendring for en leveransepakke vurderes ut fra en sjekkliste med et sett kriterier (Multiconsult, 2019b). Det har kun blitt gjort på Jølstra, ikke de to andre caseprosjektene.

6.1.6 Sammenligning av status, LOD og MMI

Både LOD, MMI og prosessstatuskodene er sammenfallende med statusdefinisjonene Multiconsult har for totalentrepriser. I tabell 21 vises sammenhengen mellom Multiconsult sine statusdefinisjoner og MMI. Selv om LOD også er sammenfallende med de andre systemene sier ikke LOD noe om modenheten til modellen, kun utviklings- eller informasjonsnivået, derfor er det valgt å ikke inkludere LOD videre i kapittelet. Flere av informantene kunne bekrefte det som var en av grunnene til at bransjeorganisasjonene EBA, RIF og Arkitektbedriftene utviklet en norsk veileder for MMI, nemlig usikkerheter rundt LOD (Fløisbonn, et al., 2018). Nesten alle informantene som forklarer hva LOD er, forklarer at det står for Level of Detail, og at det handler om detaljeringsgraden i objektene i BIM-modellen, at det ikke har noe med modenhet eller utviklingsnivå å gjøre. Dette viser med andre ord at det er et behov for et standardisert begrep slik at forståelsen er den samme for alle.

Tabell 21: Statusdefinisjoner i Multiconsult sammenlignet med MMI (Multiconsult, 2019b)

Multiconsult		MMI	
Status	Navn	MMI	Navn
S0	Identifisert behov	MMI 100	Skisse
S1	Foreløpig informasjon	MMI 200	Ferdig konsept
S2	Klar til tverrfaglig kontroll	MMI 300	Klar for tverrfaglig kontroll
S3	Frys	MMI 350	Utført tverrfaglig koordinering
S4	Utgitt for bygging	MMI 400	Produksjonsgrunnlag
S5	Som bygget	MMI 500	Som bygget

6.2 Hva er erfaringene fra å benytte BIM i fremdriftsstyring?

I følgende kapittel diskuteres resultatene fra casestudien og dokumentstudiene opp mot relevant litteratur i forhold til det andre forskningsspørsmålet: "Hva er erfaringene fra å benytte BIM i fremdriftsstyring?"

6.2.1 Komplekse oppgaver

Prosjekteringen inneholder komplekse oppgaver og er kjent for å være iterativ og gjensidig (Knotten, et al., 2015). Den trinnvise gjennomføringen i MultiPEM skal sikre at alle aktører går i takt og at beslutninger tas til rett tid (Eriksen & Hoffmann, 2016). Noe av utfordringen med prosjekteringsarbeid er nettopp at aktørene ikke går i takt. Aktiviteter kommer i feil rekkefølge, noe informantene som ble intervjuet i fordypningsprosjektet i høst, opplevde (Bakke, 2018). Informantene fra Skinnarland (2016) opplevde også at parallelle og iterative prosesser var en utfordring ved bruk av status. Prosjekteringen har fag som i stor grad er avhengig av hverandre, og det skjer i en ikke-lineær prosess. Rekkefølgeproblematikken er viktig, og følger av fagavhengigheten. En PGM, som MultiPEM, skal bidra til bedre fremdrift i detaljprosjekteringen, men det kan være vanskelig å bruke milepæler i en ikke-lineær prosess. For å klare å forbedre fremdriften i prosjekteringen må man på en eller annen måte begrense muligheten for å gjøre endringer. Prosessdimensjonen i MultiPEM, med bruk av milepæler, er et forsøk på å flytte mulighetsrommet slik at det ikke er mulig å endre på alt. Når fagene er avhengig av hverandre slik de er i detaljprosjekteringen, må leveransepakker låses slik at andre fag har et grunnlag de kan prosjektere videre på.

De ulike typer avhengigheter mellom prosjekteringsoppgaver krever ulik grad av samarbeid og kommunikasjon. Det er derfor viktig med god koordinering mellom fag og aktører, noe en PGM bidrar til. Caseprosjektene har brukt MultiPEM eller en annen PGM, og det ser ut til at koordineringen er bra. Skinnarland (2016) påpeker at en svak forankring av prosessen kan skape utfordringer i prosjekteringen. I caseprosjektene har prosessen blitt tydelig og tidlig forankret, noe som også gjør at den PGM som benyttes fungerer bra. Erfaringene viser at bruk av status gir en bedre planlegging av arbeidet fordi du knytter milepælene i fremdriftsplanen til BIM-modellen.

Jackson (2010) skriver om hvordan BIM i økende grad påvirker hvordan byggeprosjekter ledes. Når leveransene i byggeprosjekter blir mer modellbaserte, og kompleksiteten øker, er det større behov for å koordinere og følge opp arbeidet underveis. Ifølge Fløisbonn et al. (2018) er mye av terminologien knyttet til arbeidsprosesser fortsatt basert på tradisjonell prosjektering uten BIM. Dette vises i blant annet RIF sin veileder for prosjekteringsledelse, der flere av oppgavene de beskriver omhandler dokumentplaner og tegninger, og lite om bruk av BIM (RIF, 2004). Song & AbouRizk (2005) skriver at det ikke er sikkert prosjekteringstegninger reflekterer kompleksiteten av arbeidet i en modellbasert tilnærming til prosjektering. Bruk av status gjør at man kan styre prosjekteringsforløpet på en måte som er mer i tråd med faktisk fremdrift gjennom de BIM-baserte verktøyene som er tilgjengelige. Det er enklere å følge og styre fremdriften fordi man planlegger når objekter skal ha en gitt verdi eller status.

Det holder ikke å måle fremdrift kun basert på tegninger, noe flere av informantene påpeker. Både LOD, MMI, prosesstatuskoder og statusnivå er mål på fremdrift. På for eksempel status S1 er det åpenbart mer å gjøre for å nå status S3. På den måten er det som den tradisjonelle prosentdelen av tegninger, forutsatt at S5 er 100 %, så er S1 = 20%, S2 = 40%, S3 = 60% etc. Forskjellen fra den tradisjonelle målingen er at statusnivå inneholder mer informasjon. Det forteller hvilken kvalitet og modenhet hvert element har, ikke bare hvor fullstendig representasjonen er på en tegning. Det er mer nyttig å vite at gulvet er 60% komplett (S3), veggene er 80% ferdige (S4) og rørkanalene er 40% ferdige (S2), i stedet for at hele tegningen er 60 % fullført, som er et gjennomsnitt av alle elementene. Ofte er det også slik at fremdriften på tegningen ikke vurderes før tegningen er 100% ferdig, og at eventuelle endringer etter dette håndteres ved hjelp av revisjoner.

6.2.2 Komplekse prosjekter

Eray et al. (2018) forteller at måling av fremdrift i prosjekteringen blir enda vanskeligere på komplekse prosjekter, siden mange parter er involvert i utformingen av prosjektet. Da øker antall grensesnitt og avhengigheter mellom aktørene. Caseprosjektene er komplekse i form av både størrelse, prosjekttype og tverrfaglighet, men på forskjellige måter. Tønsbergprosjektet har en kompleks kontraktsmodell, IPD, som krever tett og tidlig samarbeid mellom aktører. Samtidig var prosjekteringsgruppen CURA satt sammen av flere rådgivende bedrifter, noe som kan gjøre samarbeidet utfordrende. Lyse-Fagrafjell er komplekst med tanke på at de prosjekterende modellerer i flere ulike BIM-verktøy og at de sitter på forskjellige steder i Norge. På Tønsberg-prosjektet og Jølstra er de prosjekterende samlokalisert. Selv om de på Jølstra kun har én disiplin involvert fra Multiconsult, har de mange underleverandører og må derfor administrere flere BIM-modeller. Kommunikasjonen og koordineringen mellom aktørene er på dette prosjektet svært viktig for å få gode resultater. En av de største utfordringene med fremdriftsstyring ved bruk av status i BIM-modell var jo nemlig det at fagene jobber i forskjellige BIM-verktøy. Det krever mye modelladministrasjon for å få på plass systemet. Mye av modelladministrasjonen går også ut på at noen av BIM-verktøyene ikke har programvarestøtte for å sette status, og man må gjøre dette i etterkant når BIM-modellene skal settes sammen i en sammenstillingsmodell.

Måling av fremdrift på Jølstra var enklest av alle prosjektene, og her er det også færrest parter involvert. Likevel krever det en høy grad av tverrfaglig samarbeid fordi det er mange leverandører og deres BIM-modeller må kontrolleres på samme måte som på de andre prosjektene. Prosjekteringsgruppen er også like avhengig av de andre fagene selv om de ikke er i Multiconsult. Modenheten i BIM-modellen må egentlig vurderes på samme måte som på Lyse-Fagrafjell og Tønsbergprosjektet. Informantene på Jølstra forteller likevel at det var enkelt å bruke MultiPEM og følge opp fremdrift på dette prosjektet da det generelt er et enklere prosjekt på flere måter, både når det gjelder antall fag som modellerer og at PNS-strukturen var oversiktlig og god. PS nevner at det er enklere å administrere én BIM-modell enn å kontrollere og behandle mange tegninger og tilhørende sjekklister. Dette viser at digitale verktøy vil redusere kontroll- og oppfølgingsaktiviteter.

6.2.3 Kvalitetssikrende?

Både Graphisoft (2019) og Fløisbonn et al. (2018) hevder at MMI virker kvalitetssikrende i alle faser og hever kvaliteten på tverrfaglige kontroller. Krav til gitt kvalitet på et gitt tidspunkt gir forutsigbar kvalitet. Spesielt nå som byggeprosjekter har en mer modellbasert tilnærming til prosjektering, er det mulig å kunne sikre kvaliteten på et "ferdig" produkt tidlig i prosjektet. I prosjekter med en mer tradisjonell tilnærming til prosjektering, som man har på Lyse-Fagrafjell, med leveranse av tegninger og ikke modelleveranse, er det først når tegningene produseres at de som vurderer fremdrift ser hva som er produsert. En av begrensningene med inntjent verdi-metoden, når den baseres på tegninger, er at den ikke ser på kvaliteten på produktet (Griffin, 2013). Som et par av informantene nevner, man kan ikke styre etter tegninger lengre, for da er prosjekteringen allerede ferdig. Når man jobber i BIM jobber man på en helt annen måte og må ha en styring av prosessen inne i BIM. Erfaringer fra caseprosjektene viser at bruk av BIM i fremdriftsstyring i prosjekteringen gir bedre kontroll på kvalitet.

BIM og bruk av status gir mer fokus på hva som er skapt. Det sporer produktets eller oppgavens verdi på en bedre måte enn inntjent verdi fordi du ser modenheten på det som er produsert. Inntjent verdi sikrer ikke kvaliteten på arbeidet på samme måte. Når man bruker status i BIM-modellen, slipper man kanskje revisjoner av arbeidet senere fordi tverrfaglig kontroll er gjort mye tidligere. Jølstra er et fullstendig BIM-prosjekt uten produsering av tegninger. På prosjekter der det produseres tegninger, som Lyse-Fagrafjell og Tønsbergprosjektet, kan det tenkes at når tegningen kommer er forhåpentligvis alle grensesnitt mot alle fag plukket opp fordi KS-prosessen på en måte er integrert i prosjekteringen. Kontrolldokumentasjonen bør da være implementert i BIM og de tverrfaglige møtene der modellen blir tatt opp blir enda viktigere.

I alle caseprosjektene er samtlige fag involvert tidlig i prosjektet. BIM-modellen blir benyttet som underlag til hverandre. Ved innføring av for eksempel status vil problemet med at BIM-modellen kan tolkes som ferdig når den ikke er det, og som igjen kan føre til feilprosjektering, om ikke nødvendigvis forsvinne, men i alle fall minke betraktelig. Fløisbonn et al. (2018) hevder at MMI potensielt kan redusere tidsbruk og feil prosjektering. Man vil i mye større grad få en trygghet for at fagene er samkjørte og får nødvendig tilbakemelding, noe Skinnarland (2016) opplevde. Det tverrfaglige arbeidet blir mer effektivt. Erfaringer fra Nøklebye (2018) viser at bruken av MMI økte kommunikasjonen og forståelsen for prosjektutvikling. Bruk av status i caseprosjektene ga samme erfaringer som bruk av MMI gjorde i Nøklebye (2018). Forståelsen for verdien av bruk av status økte gjennom prosjektene, som resulterte i en økt forståelse for utviklingen av prosjektet. Kommunikasjonen ble samtidig bedre.

For di BIM-verktøy brukes i tidlig fase av prosjekteringen kan prosjekteringsgruppen tidlig oppdage feil og mangler i BIM-modellen slik at feil og mangler i mindre grad får utgjøre grunnlaget for videre prosjektering. Koordinering i modell fra en tidlig fase hindrer unødvendig omprosjektering senere i prosjekteringsfasen, og dermed færre feil under utførelsen. Det produseres et koordinert arbeidsunderlag for entreprenøren. Dersom entreprenøren bygger etter det produserte underlaget, kan det da bygges med færre feil på byggeplassen. Kvaliteten på det ferdige resultatet øker samtidig som effektiviteten i byggingen øker. Det vil samtidig være kostnadsbesparende. Det er vanskelig å si om effektiviteten på byggeplassen øker i disse caseprosjektene, da dette ikke er undersøkt.

6.2.4 Tidkrevende eller tidsbesparende?

Den tradisjonelle måten å måle fremdrift på i prosjekteringen er tidkrevende (Mejlænder-Larsen, 2019a). Selv om Fløisbonn et al. (2018) hevder at MMI potensielt kan spare prosjektet for tidsbruk, kan det diskuteres at bruken av statuser i BIM-modellen krever mye tid fra de prosjekterende. Ved tegningsløse prosjekter, som på Jølstra der det kun er modelleveranse, vil man kunne spare tidsbruk ved å slippe å levere tegninger. Men er tidsbruket egentlig redusert? Modellen må til gjengjeld være veldig detaljert og kunne brukes som produksjonsunderlag for entreprenøren. Det er viktig å lage en BIM-modell som er god nok som arbeidsgrunnlag, men samtidig ikke bruke for mye tid på modellering og bruk av status. Det å finne en god balanse her kan være utfordrende. Det er også tidkrevende med mye modelladministrasjon, men ifølge informantene mindre tidkrevende enn styring og kontrollering av tegninger. Samtidig kan det være at man ikke merker tidsbesparelsen før i ettertid. Ved å bruke statuser i BIM-modellen får man en styring av prosessen underveis, og både egenkontroller og tverrfaglige kontroller er allerede gjort når tegninger eventuelt produseres.

Ved å styre status på større seksjoner i stedet for individuelle objekter, slik som Nøklebye (2018) fant positivt, vil man potensielt spare tid. Da slipper man å for eksempel sette status på hver enkelt søyle, men heller sette status på en gruppe av søyler som ett styringsobjekt. Dette ble gjort i caseprosjektene. På Tønsbergprosjektet skiftet for eksempel alle søylene i samme styringsobjekt status samtidig for én etasje. Ingen av informantene nevnte noe om at det tok mye tid å sette status i BIM-modellen.

Når man fryser objekter i modellen tvinges de prosjekterende til å jobbe i en prosess. Det settes en klar frist for å gjøre endringer som påvirker andre og tvinger de prosjekterende til å håndtere endringene underveis. Dette kan potensielt være tidsbesparende. Hvis man har gode rutiner for endringshåndtering og har delt inn BIM-modellen på et fornuftig nivå, er det mulig å håndtere en endring på en god måte. Man vil da ha en god synlighet på hvor endringen har skjedd og mulighet til å håndtere endringene tidlig.

6.2.5 Inntjent verdi med støtte fra BIM-modell

Prosjektene måler fortsatt fremdrift med inntjent verdi per aktivitet/leveransepakke, og flere av informantene, spesielt PS, legger vekt på viktigheten av inntjent verdi. Det tyder på at man ikke kan se helt bort fra dette enda. Erfaring fra tidligere forskning viser at det fortsatt er mer igjen å lære fra den tradisjonelle metoden (Bakke, 2018). Likevel viser erfaringer fra caseprosjektene at man fint kan kombinere inntjent verdi med støtte fra BIM-modellen allerede nå.

De samme fordelene man får ved bruk av inntjent verdi får man ved bruk av inntjent verdi sammen med BIM, bare at bruk av BIM gir flere fordeler. ProsjektNorge (u.d.-a) påpeker at inntjent verdi gjør at man kan oppdage og kommunisere avvik tidlig, og se trender i prosjektet. Dette er noe som nevnes av informantene som har brukt inntjent verdi sammen med BIM, at man kan se trender tidlig og eventuelt justere dersom det trengs. Fra fordypningsprosjektet nevner informantene også at fordelene med å bruke BIM i fremdriftsstyring er at det med en gang er visuelt hvor langt man har kommet og at man mer nøyaktig kan se hvor langt man har kommet (Bakke, 2018).

Rolstadås (2011) peker på at inntjent verdi har en manglende evne til å skille mellom kritiske og ikke-kritiske aktiviteter, noe erfaringer fra fordypningsprosjektet bekreftet (Bakke, 2018). Casestudien viser at bruk av BIM gir en større evne til å skille mellom disse aktivitetene. Bruk av status i BIM-modellen gjør modellen til et visuelt sterkt verktøy. Informantene nevner blant annet at fargekodingen synliggjør problemområder og at man raskt kan sortere ut det som ligger bak planlagt fremdrift. Garcia et al. (2018) nevner at ved å bruke MMI kan man enkelt se om flaskehalsene er innenfor disiplinen eller virkningen av andre disipliner. Dette er det vanskelig å se når man kun ser på inntjent verdi av tegninger. Erfaringer fra caseprosjektene viser at bruk av status gir samme erfaring som Garcia et al. (2018). Fargesetting gjør det samtidig lettere å forstå sitt eget arbeid i en helhet. Det har en verdi for alle i prosjekteringsgruppen, både de som skal styre, og de som skal delta. Verdien ligger i å vite hva du jobber mot. Fargekodene gjør det også enkelt å se hva som er foreløpig informasjon.

BIM slik det er brukt i disse caseprosjektene er et verktøy parallelt med tradisjonell planlegging og rapportering. BIM-modellen brukes til hjelp i rapporteringen av fremdrift. Noen av informantene fra fordypningsprosjektet mener at dette kan gjøre at noen ser det som ekstra bry (Bakke, 2018). Dette er ikke erfaringen fra caseprosjektene, som har brukt BIM-modellen i tillegg til inntjent verdi. Hooper (2015) skriver at noe av grunnen til at LOD ikke er vellykket implementert er at det er mye skepsis rundt bruken og nytteverdien av LOD. Dette er ikke erfaringen fra disse caseprosjektene. Selv om det på Jølstra presenteres noe skepsis rundt bruk av status hos blant annet leverandører, virker det som om de fleste har forstått nytteverdien. Alle caseprosjektene brukte mye tid i starten på å få på plass en forståelse for bruk og nytteverdi av status blant alle involverte. Dette kan likevel være vanskelig dersom prosjektet har mange leverandører som ikke er direkte involvert i prosjekteringsteamet, slik som på Jølstra. Generelt ser det ut til at både prosjekteringsledelsen og de prosjekterende i caseprosjektene har forstått både bruken og nytteverdien av bruk av status.

6.2.6 Mer nøyaktig fremdrift?

Det er ingen informanter som forteller om feilvurderinger av fremdrift. Det kan være fordi statusene i BIM-modellen benyttes som en hjelp til å sette fremdriften. Dette var heller ikke noe informantene fra fordypningsprosjektet opplevde, der de ikke hadde støtte i BIM-modellen. Her blir det nevnt at det er positivt at DL da må reflektere over verdien han gir, og på denne måten få et slags eierskap til det han rapporterer (Bakke, 2018). Svaret kan ikke bare hentes fra et sted så man må tenke seg godt om før man kommer med et tall. En erfaren DL vil derfor kunne gi nøyaktige rapporteringer av fremdrift, men det er vanskelig å kontrollere eller dokumentere fremdriften. Ved å bruke BIM-modellen er det enklere for PS å kontrollere fremdriften fra DL. DL kan støtte seg på statusene i BIM-modellen, noe som gjør at resultatene er mer til å stole på enn om de kun baseres på en subjektiv vurdering fra DL. Likevel kan det hende at statusene ikke er korrekte. En potensiell utfordring som informantene fra i høst nevnte, var at DL fortsatt kan feilvurdere status i BIM-modellen og dermed også fremdriften. Det var mye usikkerhet i kvaliteten på det som ligger i BIM-modellen (Bakke, 2018). Dette nevnes ikke som en utfordring fra masteroppgavens caseprosjekter. Informantene forteller at det er en forutsetning å stole på det folk gjør, hvis ikke *"er systemet ubrukelig"*.

En utfordring på Lyse-Fagrafjell var at det er vanskelig å sette en fremdrift mellom S2 og S3. Det er vanskelig å vite om den er 40% eller 60%, eller noe midt imellom. Det vil derfor være en usikkerhet knyttet til den fremdriftsprosenten man setter, noe som kan gi utslag i budsjettet. Bruk av BIM gir likevel en mer kvalitativ og ærlig måling av fremdrift fremfor å kun benytte seg av subjektive vurderinger av fremdrift. Selv om DL kan støtte seg på statusene i BIM-modellen er det ikke sikkert de gir et korrekt bilde av fremdriften. Selv om man har 50% av objektene på riktig status, er det ikke sikkert man er 50% ferdig. Det er heller ikke sikkert at det er 20% arbeid igjen når man er på S4. Det kan være det siste 20% tar lengst tid. Det er viktig å forstå det man henter ut fra BIM-modellen og gjøre en tolkning av det som hentes ut. En måte å gi en mer nøyaktig fremdrift er å telle antall leveransepakker som er planlagt utviklet, og sammenligne med faktisk antall leveransepakker og statuser på disse (Mejlænder-Larsen, 2019a).

Flere av informantene nevner at er viktig at man ikke stoler blindt på det man henter ut fra BIM-modellen. Man må reflektere over fremdriftsverdien på samme måte som man må reflektere over fremdriftsverdien ved inntjent verdi. DL må også forsvare den verdien de melder til PS og erfaringene er at de er ærlige og til å stole på. Det at DL selv må si at noe er ferdig, er viktig.

6.2.7 Verdi for kunden og prosjekterende

På både Jølstra og Lyse-Fagrafjell brukte de sammenstillingsmodellen aktivt mot kunden og så stor verdi i dette. En utfordring på Lyse-Fagrafjell var kundeinitierte endringer underveis, både i forhold til planlegging og oppfølging av fremdrift underveis. Ved å ta frem den statusatte modellen i møter ser kunden konsekvensene av endringene som de kanskje ønsker å gjøre. Kundeinitierte endringer ødela også litt for smidigheten på blant annet Lyse-Fagrafjell. Det ble mye frem og tilbake for prosjekteringsgruppen. Endringer underveis var også en utfordring fra Deichmanske hovedbibliotek. Det samme var endringer i prosjektledelsen og prioriteringer (Skinnarland, 2016). Dette er også noe det er vanskelig å planlegge med. Selv om man planlegger godt så vil de skje endringer og omprioriteringer. I møter med kunden vil bruk av statusatt BIM-modell kunne gjøre at de enklere kan se hva konsekvensen er av å endre på noe, og potensielt spare både penger og tid.

Det er vanskelig når beslutninger om endringer tas sent og dermed endrer på forutsetninger, noe Lyse-Fagrafjell opplevde. Det kan også være en utfordring at beslutninger ikke er låst. Da kan en fargekode bli stående lenge for å så endre farge i det beslutningen tas. Da får man ikke den forventede stegvise prosessutviklingen, fra én status til neste og til neste. Det er viktig at beslutninger ikke får lov til å flyte uten å bli fryst. Enten så er det klart eller så er det ikke klart. Det kan samtidig være forstyrrende for de prosjekterende at det kommer innspill fra sidelinjen, både fra kunde eller andre fag. Dette er noe man kan være strengere på ved å ha gode retningslinjer og god kommunikasjon fra starten. Endringer kan komme av mangel på en god plan med en fornuftig rekkefølge.

Det å jobbe i BIM-modell og vise den i møter gir mulighet til å få og gi raske avklaringer, man spør der og da over bordet, i stedet for å sende mailer fram og tilbake. Der og da får man løst ting, diskutert og utfordret hverandre til å finne gode løsninger. De prosjekterende kan også foreta tverrfaglige avklaringer og kontroller av geometri.

BIM er et nyttig verktøy for å kommunisere med kunden. En fallgrube kan være dårlig dialog med kunden, at de ikke skjønner hva de får og verdien av det de prosjekterende bruker tid på. Det virker som om kunden på Jølstra og Lyse-Fagrafjell prosjektene etter hvert så stor verdi i bruk av status. På Tønsbergprosjektet forteller informantene at modellen ikke ble tatt opp i møter med kunden, men at de sendte rapporter med grafer som viser statusfordeling for disiplinene. Likevel er nok fargekoding i BIM-modellen en bedre og mer visuell måte å kommunisere med kunden på. Ved å bruke BIM-modellen i kommunikasjon med oppdragsgiver vil de sannsynlig få en bedre forståelse av design som presenteres i en BIM-modell enn på en 2D-tegning. Tegninger kan være vanskelige å lese og tolke, og det kan føre til misforståelser og feil. De prosjekterende, som lager tegningene, har kanskje en god forståelse av det som vises, men det er oppdragsgiver og entreprenør som skal bruke tegningene. BIM-modellen er mer visuell, spesielt med fargekoding, og kan gjøre at man får en bedre forståelse for hvordan ting henger sammen. BIM-modellen vil være en mer effektiv måte å formidle prosjekteringsgrunnlaget på, enn 2D-tegninger. En av begrensningene med inntjent verdi er at den ikke ser på kundetilfredshet (Griffin, 2013). Erfaringene fra casestudien viser at bruk av BIM i fremdriftsstyring gir mer fokus på kundetilfredshet.

6.2.8 Erfaring med BIM

En av utfordringene med bruk av BIM til fremdriftsstyring var lite erfaring og kompetanse både i prosjekteringsgruppen og hos kunden. Informantene forteller at de brukte lang tid på opplæring i starten og hadde tett oppfølging gjennom prosjektet. Derfor opplevde ingen det som noe stort problem, men de ser at det fort kan oppstå. Folk har ulik erfaring med BIM-modellering. Hooper (2015) skriver at mangel på praktisk og felles forståelse kan gjøre det vanskelig å vellykket implementere LOD. Nøklebye (2018) opplevde en manglende klarhet i spesifikasjonene av MMI, noe som reduserte forståelsen for det som skulle leveres. Informantene fra caseprosjektene forteller om noe mangel på felles forståelse rundt statusnivå. Likevel var prosjekteringsledelsen flinke til å tydeliggjøre statusnivå ved å kommunisere klare prinsipper og ha gode prosedyrer fra starten.

I nye prosjekter kan det komme inn personer som allerede har brukt status og noen som aldri har det. Det er også mulig at noen har brukt prosesstatuskoder, andre LOD, og andre MMI. Dette kan skape forvirring når man kommer inn i et nytt prosjekt. Så lenge det er gode rutiner og retningslinjer er fastsatt tidlig i prosjektet burde det ikke være noe problem å bruke forskjellige systemer for evaluering av modenhet i BIM-modellen. All erfaring med bruk av status er jo bra. Svalestuen et al. (2018) foreslår en LOD-modell som antas å øke prosjekteringsteamets forståelse og forpliktelse til bruk av BIM. Bruk av status vil forhåpentligvis gjøre det samme. Det er vanskelig å se om erfaringene fra caseprosjektene viser dette.

Noen av informantene forteller at det var en vegring for å settes status heller enn at status var satt feil. Det var samtidig en utfordring at noen ikke bruker hele statusspekteret. Dette kan skyldes lite erfaring og usikkerheter rundt bruk av status. Selv om informantene uttrykker at det er en god forståelse av statusnivå i prosjektene er det likevel enkelte personer som ikke har det helt innarbeidet. Bruk av status er beskrevet i prosjektenes BIM-manual, men det er likevel ikke alle som leser denne. Derfor hadde de tidlig møter om hvordan de prosjekterende skal jobbe etter status. Statusene må defineres klart og tydelig uten at det blir for detaljert. På Jølstra opplevde informantene at forståelsen for statusnivå var høy grunnet lang erfaring med BIM, men også fordi det var få involvert i BIM-modellen.

6.3 Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsstyring optimaliseres?

I følgende kapittel diskuteres resultatene fra casestudien og dokumentstudiene opp mot relevant litteratur i forhold til det tredje forskningsspørsmålet: "Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsstyring optimaliseres?"

6.3.1 Sjekklistene i BIM-modell

Sjekklistene i BIM-modellen brukes for å sjekke eller kontrollere at krav til de enkelte leveransepakkenes er tilfredsstillende før man kan oppnå en høyere status. Selv om kun et av caseprosjektene bruker avanserte sjekklistene for evaluering av modenhet i BIM-modellen, fungerer bruk av status bra i de andre caseprosjektene også. Informantene forteller at informasjonen de får og påliteligheten til ferdighetsgraden til objektene i BIM-modellen er til å stole på. Kanskje det holder å ha en liste med enkle punkter slik som på Lyse-Fagrafjell? Det er likevel vanskelig å kontrollere kvaliteten på det som blir gjort på en god og ordentlig måte.

På Jølstra forteller informantene at sjekklistene gjør at man blir tryggere på det man har gjort. I tillegg kan det enklere kan kontrolleres av andre. Bruker man sjekklister og fyller ut disse har man kontrolldokumentasjon på at man har tilfredsstillende krav for høyere status. Sjekklister med kontrollspørsmål til hver status er felles for alle leveransepakker, men må gå igjennom og vurdere tilpasning til hvert enkelt prosjekt. Faglige sjekklistene, som er mer detaljerte, brukes gjerne i tillegg av de enkelte disiplinene, for å kunne understøtte kontrollspørsmål for å oppnå høyere status. Man må vurdere verdien i det å ha avanserte sjekklistene. Tar det for mye tid? Sikrer det bedre kvalitet? Det er uansett viktig å ha god kontrolldokumentasjon.

Det kan diskuteres om de samme sjekklister kan brukes på flere prosjekter eller om de må tilpasses prosjekt til prosjekt. For noen prosjekter er det kanskje enklere å lage sjekklister til BIM-modellen enn andre. Likevel kan det være lurt å utarbeide og hente informasjonen fra et tidligere lignende prosjekt, slik som Jølstra gjorde. Jølstra var et prosjekt med få involverte aktører fra Multiconsult sin side, noe som kanskje gjorde det enklere å få laget en sjekklister for statusendring.

6.3.2 Forankring og klare forpliktelser

Forankring er viktig når et tiltak, som bruk av status, skal implementeres i et prosjekt. Forankring handler om å ta eierskap i en utviklingsprosess (Skinnarland, 2016). En god forankring gir mer aksept for utprøving av status fordi personene som er involvert har tatt eierskap i prosessen. I caseprosjektene forteller informantene at det var en utfordring å få eierskap til bruk av status. Likevel viser erfaringene at jo mer du jobber mer det, jo mer eierskap får man til det. Når prosjekteringsgruppen består av aktører fra flere ulike bedrifter, som på Tønsbergprosjektet, er det viktig at alle inkluderes i prosessen med å implementere bruk av status. Selv om man for eksempel skal bruke Multiconsult sine statusdefinisjoner, må alle få være med og diskutere hva som ligger i systemet og prinsippene man skal jobbe ut fra. Det er samtidig avgjørende å være tidlig ute med å klargjøre forventninger. Dersom fagene skal forholde seg mer til BIM-modellen enn til tegninger må dette avklares tydelig i prosjektet.

Det er viktig å forankre gode roller og ansvarsforhold fra starten. Organisasjonen må være gjennomtenkt med klare kommunikasjonslinjer og ansvarsområder. Ved å ha en forventningsavklaring med kunden sørger man for at kunden og oppdragsorganisasjonen har en felles forståelse av hva som skal utføres. Alle parter i oppdraget skal være innforstått med hva som skal leveres til hvilken kvalitet. Bruk av status kan forankres gjennom MultiPEM og BIM-ansvarlige. BIM-koordinatorrollen blir viktigere og viktigere. Informantene forteller at det er BIM-koordinator som pusher og følger opp, og hjelper fagene med å sette opp og følge systemet. Det er viktig særlig på store, tverrfaglige prosjekter. Dette er noe som gjenspeiles i fordypningsprosjektet, at vellykket bruk av status i BIM-modellen krever en våken BIM-koordinator, hvis ikke flyter det ut (Bakke, 2018).

Elementer som planer og frister må samtidig være forpliktende for aktørene. Det å være forpliktet til noe handler om å være tro til beslutninger som blir tatt og gjør at man vil få et større eierskap til det man driver med. Nye folk i prosjektet vil kanskje ikke forholde seg til forpliktelser på samme måte som de som har vært involvert lenge.

Det er viktig at definisjon av status fremkommer enkelt og tydelig. Statusnivå kan tydeliggjøres ved å kommunisere klare prinsipper og ha gode prosedyrer. Det er viktig at alt man gjør, også utenfor BIM, er gjennomtenkt. Alle må ha den samme forståelsen for ting, og det må gjøres enkelt for alle de involverte. Et vesentlig poeng er for eksempel å kun ha med relevant informasjon i BIM-modellen.

6.3.3 God planlegging

Ettersom inntjent verdi fortsatt spiller en stor del i fremdriftsrapporteringen i caseprosjektene, gjelder de samme prinsippene for at det skal fungere optimalt. Både Lukas (2008) og Fleming & Koppelman (2010) trekker frem viktigheten av en tilstrekkelig PNS for at inntjent verdi skal fungere optimalt. ProsjektNorge (u.d.-a) påpeker at inntjent verdi-metoden krever at man har utarbeidet en skikkelig tidsplan fra starten av. Disse elementene vil fremdeles være viktig, om ikke enda viktigere, i prosjekter der man kun bruker BIM-modellen i fremdriftsrapportering. Det hjelper blant annet ikke å ha definert statusnivåene på en god måte hvis koblingen av status mot fremdriftsplan ikke er tilstrekkelig tydelig og bearbeidet.

Her har caseprosjektene utarbeidet fremdriftsplanen med planlegging av status for hver milepæl, og planlagt seneste dato for oppnåelse av status per fag. Det er viktig å huske på at premissgivende disipliner må ha høyere modenhet enn resten av disiplinene. Prosessdimensjonen i MultiPEM har fokus på dette. Leveransepakken i fremdriftsplanen bør deles inn basert på PNS. De kan være strukturert basert på fag.

En av informantene nevnte at hvis de hadde begynt på nytt ville de gjort PNS mer prosjekteringsbasert og ikke leveransebasert. Nå er den som regel basert på når entreprenøren på byggeplassen trenger informasjon, men kanskje strukturen bør følge prosjekteringsprosessen på en bedre måte. Rekkefølgen på prosjekteringsoppgaver kan, som diskutert i kapittel 6.2.1, være litt fram og tilbake, og er sjelden en lineær prosess. For å lykkes er det vesentlig at PNS tar utgangspunkt i prosjekteringsprosessen, men at den likevel er forankret i en ønsket byggesekvens fra entreprenør. Dersom ikke leveransepakken er delt opp og strukturert i henhold til hva entreprenøren trenger og når entreprenøren trenger det, vil det ikke gi en optimal prosjektgjennomføring.

Mye prosjekteringsarbeid blir revidert fordi det er endringer i utførelsen, eller at det kan være spart penger på for eksempel grunnundersøkelser i forkant. Endringene kommer gjerne fra andre aktører enn de prosjekterende. Entreprenøren kan ha plutselig omprioriteringer på fremdrift. Når man definerer leveransepakken i PNS kan det være vanskelig å vite akkurat hvordan leveransene til byggeplass skal, fordi det er veldig tidlig i prosjektet. Derfor er det viktig å etablere en leveranseplan, basert på PNS, med leveransepakker og tilhørende statuser ved aktuelle milepæler, slik at man kan synliggjøre eventuelle konsekvenser av endringer, og justere leveranseplanen tilsvarende. Det er forståelig at de prosjekterende ønsker en PNS som er mer prosjekteringsbasert da det er de som starter å jobbe først, og de jobber i en litt annen rekkefølge enn man gjør på byggeplass. Likevel er det noe man må prøve å gå bort ifra. Ved å tilpasse det prosjekterende underlaget til entreprenør og en tenkt/ønsket byggesekvens, vil man som nevnt kunne tilpasse leveransene til det entreprenøren trenger og når de trenger det.

I planleggingen av prosjekter der det er ønskelig å bruke status i BIM-modell er det både viktig å starte tidlig, men også hente erfaring fra andre prosjekter. BIM-modellen tilpasses og forbedres etter ytterligere nye erfaringer. Forberedelser gir også bedre kvalitet. Både i fordypningsprosjektet og i masteroppgaven nevner flere av informantene at det er viktig å samle erfaringer fra andre prosjekter (Bakke, 2018). Man kan også hente inn personer med erfaring med bruk av status slik at implementeringen går mer smertefritt. Det er likevel viktig å huske på at man ikke trenger å gjøre det likt i alle prosjekter. Det er ikke nødvendigvis slik at kopiering av tidligere suksess gir ny suksess.

6.3.4 MultiPEM

Prosess- og teknologidimensjonen i MultiPEM handler om hva som skal gjøres i hvilken rekkefølge til hvilket nivå og hvordan digitale hjelpemidler støtter gjennomføringen av prosjektet. Ved å følge denne, kan man få en mer realistisk tidsplan. Noen av informantene snakker om at det er viktig at tidsplanen ikke er for optimistisk og at man må utvise en viss fleksibilitet i planleggingen fordi utforutsette endringer vil dukke opp. Man må også kunne tilpasse planen til kunden. Det er ikke et fasitsvar på hvordan man skal bruke MultiPEM. Man må se hva som er best i forhold til type prosjekt, men også kunden og hvilken fase man er i. Det ser ut til at Lyse-Fagrafjell og Jølstra, som bruker MultiPEM, har fått til dette på en god måte.

Tønsbergprosjektet er det eneste prosjektet som ikke benyttet seg av MultiPEM, men de har likevel en egen PGM, og bruker mange av de samme prinsippene gjennom VDC, spesielt når det gjelder prosess- og teknologidimensjonen i MultiPEM. Milepælene i caseprosjektene gjorde at det ble en samordnet og koordinert fremdrift i prosjekteringen, samt at det etablerte kvalitetsnivåer som felles grunnlag for å detaljere prosjekteringen videre. En milepælsplan som samtidig er knyttet til BIM-modellen tvinger fram fremdrift. Det er tydelig hvor man er og ligger an i prosjekteringen, og viser tydelig hva fagene må få gjort for at andre fag skal kunne gjøre sitt arbeid. Om det er MultiPEM eller en annen PGM er ikke det viktigste, men å ha en PGM er avgjørende for å kunne styre fremdriften i prosjekteringen. Som Meland (2000) påpeker, finnes det ikke én riktig måte å organisere en byggeprosess på, det er snakk om ulike gjennomføringsstrategier. Klakegg (2017) argumenter for en standardisering av PGM fremfor å utvikle en PGM for hvert enkelt prosjekt. Det er likevel ingen optimal "*one-size-fits-all*" -modell (Klakegg, 2017). Å ta utgangspunkt i den samme PGM, som for eksempel MultiPEM, kan derfor være en god idé.

6.3.5 Gode rutiner og tidlig involvering av parter

Gode rutiner med en prosjektstyringsbasis vil sikre riktig og god styring av oppdraget. Dette henger sammen med PNS. I Multiconsult skal prosjektstyringsbasen inkludere kundens fremdriftsplan, oppdragets interne fremdriftsplan, budsjett og sammenhengen mellom budsjettet og timestyringskoder. Inputene samles i en KTR-katalog. Dette vil sikre at oppdragsledelsen kan følge opp timer underveis og tidlig fange opp mulige budsjettoverskridelser. Sammen med PNS gir det god styring av oppdrag, noe Rolstadås (2011) beskriver. Når milepælene i fremdriftsplanen knyttes til BIM-modellen gir det en enda enklere og bedre styring av fremdriften.

Kontraktsformen må legge til rette for tidlig involvering av partene. Samspillsentrepriser, som er en relativt ny samarbeidsform innen byggenæringen, kjennetegnes ved blant annet dette (DIBK, u.d.). Alle må se verdien av bruk av status, og fordelene det gir. Det er viktig å vise hvordan bruk av status bidrar til en optimal fremdriftsstyring i prosjektet. Etter hvert som det kommer flere helt tegningsløse prosjekter, som Jølstra, er det avgjørende å skjønne at denne måten å jobbe på krever en ny tankegang. Det er en omstilling, og man må starte tidlig med å involvere seg i det. En av utfordringene som blir diskutert i fordypningsprosjektet er at folk må endre arbeidet sitt og rutinene sine for å bruke BIM i fremdriftsstyring (Bakke, 2018). Dette stemmer nok, og er en forutsetning for at status skal kunne brukes. Det trenger likevel ikke være så krevende å endre rutinene sine, og man må være innstilt på og motivert for en ny digital hverdag. Dagens organisering og samarbeidsmodeller må tilpasses en digital arbeidsform. Aktørene må være interessert i, og bruke den digitale informasjonen.

6.3.6 Tett oppfølging og samarbeid

Tett oppfølging og tidlig igangsettelse av prosesser vil gjøre at de involverte får større tiltro og eierskap til systemet. Erfaringer fra Deichmanske hovedbibliotek viser at bruk av status må være innarbeidet fra begynnelsen, hvis ikke blir det en belastning. Hvis det ikke iverksettes fullt ut av alle deltakerne ved oppstart, kan enkelte oppleve mer byrde enn nytte (Skinnarland, 2016). I de tre caseprosjektene er bruk av status godt innarbeidet fra starten, noe som gjør at de involverte ser viktigheten og verdien av det. Det virker altså som om mye har blitt gjort riktig i caseprosjektene. På Deichmanske hovedbibliotek kom de sent i gang med bruk av status, noe som ga en dårlig systematikk og gjorde at ikke alle gjennomførte tiltaket (Skinnarland, 2016). Hvis man ikke kommer i gang tidlig kan man ende opp med mange objekter som ikke har en status eller fargekode, og det kan være vanskelig å ta igjen prosessen. Her startet alle caseprosjektene tidlig med statussetting. Det var bestemt tidlig at prosjektene skulle ha en utstrakt bruk av BIM, noe som kanskje gjorde at fagene og de involverte følte et større eierskap til systemet.

En tett oppfølging av de involverte er kanskje spesielt sentralt på prosjekter som Jølstra, der det er mange leverandører som leverer BIM-modeller til Multiconsult. Informantene trekker frem at de burde hatt mer koordineringsrunder med de premissgivende leverandørene. Ved å gå igjennom status og frister i slike møter vil leverandørene føle seg mer forpliktet til det de jobber med.

Flere informanter nevner at vi er nødt til å jobbe mer integrert og tettere sammen. Det vil blant annet kunne øke forståelsen for bruk av status. Tett samarbeid mellom aktørene kan også gjøre at PNS og fremdriftsplanen for prosjekterende blir mer tilpasset utførende. Kunden og entreprenøren får et bedre innblikk i hvordan de prosjekterende jobber og skjønner at planen må tilpasses alle de involverte, både prosjekterende og utførende.

6.3.7 Kompetanse og kunnskap

Moen & Moland (2010) avdekker at bruk av BIM endrer prosesser og arbeidsmåter, noe som blant annet krever økt kunnskap og kompetanse om BIM og endringsvilje til å arbeide på nye måter. Nå som prosjekteringsprosessen i mye større grad foregår med aktivt bruk av BIM må man øke kompetansen på BIM hos alle aktører. En viktig forutsetning ifølge informantene er kunnskap. Det er ikke bare de som modellerer og setter statusene som må kunne ha kunnskap om BIM, også de som styrer og følger prosjektene. Det er vanskelig å kontrollere prosessen uten å ha kjennskap til BIM. Bare det å vite at mer og mer foregår i BIM gjør at motivasjonen til å tilegne seg kunnskap øker. Aktørene må være interessert i informasjonen, bruke den og vise at de bruker den. Det må være fokus på bruk av status. Det er viktig for å få medarbeiderne motiverte for en ny digital hverdag.

Lukas (2008) skriver at god ledelse, et kvalifisert team og planleggingsenhet er viktig for at inntjent verdi-metoden skal gi gode resultater. Dette er like viktig for at bruk av status sammen med inntjent verdi skal gi like gode, om ikke bedre, resultater. Informantene fra fordypningsprosjektet nevner at man er nødt til å ha flinke folk for at det skal fungere. De forteller at det krever kompetanse, god faglig ledelse og gode BIM-ansvarlige (Bakke, 2018).

Samtidig er det viktig å ha et bevisst forhold til kvalitet og modenhet i modell. Fagene må være tro mot informasjonen og mot status, og ønske å få til noe sammen. Informantene nevner at hvis man skal skjønne hva slags informasjon man henter ut, må man ha en viss kunnskap om det man driver med. Mye av tanken bak prosessdimensjonen i MultiPEM er å ha et forhold til hva du skal levere når og til hvilken kvalitet. Bruk av MultiPEM kan altså hjelpe personer med å forstå hensikten med metodikken rundt bruk av status. Både fagene, som setter status og tar beslutninger, og prosjekteringsledelsen må forstå informasjonen i BIM-modellen for at beslutningsprosessen og modellutviklingen skal gå i takt.

Det er et tydelig behov for kompetanse og erfaring med BIM i alle ledd. Som nevnt i kapittel 6.3.5, må dagens organisering og samarbeidsmodeller må tilpasses en digital arbeidsform. Både entreprenøren, kunden og de rådgivende må endre arbeidsmetodene sine. De rådgivende må i større grad bidra til opplæring hos kunde og entreprenør, og vise frem BIM-modellen oftere. Alle aktører må være motivert for å tilegne seg kunnskap om BIM. Oppdragsgiver må være motivert til å få til bruk av status, noe de var på caseprosjektene, og noe som nesten var en forutsetning for at det fungerte så bra som det gjorde. Prosjekteringsgruppen kan bidra til å motivere kunden og entreprenøren gjennom kurs og opplæring.

6.3.8 Koordinering og kommunikasjon

I alle caseprosjektene ble det lagt vekt på en solid oppstart i detaljprosjekteringsgruppen. Likevel avdekket intervjuene flere premisser og forutsetninger som ga det tverrfaglige samarbeidet utfordringer. Flere av disse går på koordinering og kommunikasjon mellom aktører.

Et av premissene handler om samlokalisering av prosjekteringsgruppen. I dette ligger også viktigheten av samtidig prosjektering som brukes i Multiconsult. Det brukes for å planlegge og gjennomføre effektive sesjoner med alle aktører, der avklaringer blir gjort og beslutninger blir tatt direkte i sesjonene, styrt av en egen fasilitator. På Jølstra og Tønsbergprosjektet sitter fagene samlokalisert. På Lyse-Fagrafjell sitter fagene i flere forskjellige byer, noe som gjør det tverrfaglige samarbeidet og oppfølging av fag utfordrende til tider. I prosjekter det det er mange involverte kan det være vanskelig med samlokalisering, spesielt hvis kontraktsformen ikke legger til rette for det, slik som den gjorde på Tønsbergprosjektet.

Samlokalisering i seg selv er ikke en sikkerhet for bedre koordinering og kommunikasjon, men det gjør at fagene og ledelsen har lettere tilgang til hverandre for å få diskutert og funnet løsninger. Likevel må jo kommunikasjonen gjennomføres. Man må utnytte samlokaliseringen til å skape mer og bedre tverrfaglig koordinering og kommunikasjon. For oppdragsledelsen handler det om at terskelen for å sette seg ned og ta en prat er lav. Dersom de gjør det kan det også hende at fagene gjør det mellom seg i større grad. Dersom man ikke er samlokalisert krever det god koordinering fra oppdragsledelsens side.

Kommunikasjonen i møter baseres ofte i stor grad på referater og tegninger. Erfaringer fra caseprosjektene viser at det kan være nyttig å bruke BIM-modellen mer i møter. Referater kan bli sett på som enda et sett med dokumenter, og mange synes kanskje det er slitsomt med så mange dokumenter å holde styr på. Kommunikasjon av status i caseprosjektene foregår gjennom samhandlingsmodellen. Erfaringer herfra viser at bruk av BIM-modellen i møter gir bedre forståelse for statusnivåene, større eierskap, kunnskap og kompetanse rundt BIM. Fargekodingen av statusdefinisjoner for leveransepakker synliggjør kvalitet og modenhet direkte, og bidrar til å kunne rapportere fremdrift visuelt. Prosjektering skjer i en ikke-lineær prosess, og det er mange ting å passe på. Derfor vil kommunikasjon mellom de involverte spille en viktig rolle for at fremdriftsstyring med bruk av status skal fungere optimalt. Det virker som om caseprosjektene har gjort mye riktig her, spesielt Lyse-Fagrafjell og Jølstra som har brukt BIM-modellen mye i møte med kunden. Det å bruke BIM-modellen oftere i møter med kunden kan også bidra til at kundeinitierte endringer ikke kommer sent i prosjekteringsfasen.

6.3.9 Standardisert språk for bransjen

Som nevnt i kapittel 3.8, finnes det ulike systemer som beskriver utviklingsnivået og modenheten til objekter i en BIM-modell. I denne rapporten er det nevnt LOD, MMI, prosessstatuskoder og status i Multiconsult. Bakgrunnen for etableringen av veilederen for MMI var nettopp det at næringen trenger et felles standardisert språk som kommuniserer ferdiggraden av objektene på en entydig måte. Ved å bruke en standardisert metode kan det danne grunnlag for å forme interne rutiner og felles terminologi i egne prosjekter (Fløisbonn, et al., 2018). Det er likevel ikke sikkert at det har så mye å si akkurat hvilket system man bruker.

På Jølstra forteller informantene at de ikke har fått til et system for leverandørene som viser status i BIM-modell som samsvarer med det systemet Multiconsult bruker. Her er det samtidig utfordringer med at leverandørene er redde for å sette status, noe som kanskje viser at de ikke har den samme forståelsen for statusnivå som Multiconsult, eller god nok forståelse for modenhet i BIM-modell generelt. De har med andre ord lite eierskap til bruk av status, og har ikke noe særlig forhold til å bruke status. En standardisering av systemet kan bidra til å løse denne utfordringen.

Fremtiden er forhåpentligvis slik at alle bruker det samme språket, men akkurat nå er det ikke sikkert det har så mye å si hva slags system som brukes. Når man er i startfasen av å implementere noe nytt vil det viktigste være å være tydelig fra starten og innarbeide gode systemer og rutiner. Dersom dette gjøres tror undertegnede at hvilket som helst system, foruten LOD, basert på tidligere nevnte mangler, kan bli benyttet og fungere på en god måte. På disse caseprosjektene er dette gjort, og bruk av status i BIM-modellen har fungert bra. Likevel er det flere fordeler med et standardisert språk for bransjen. Som aktør i byggebransjen vil man jobbe på ulike prosjekter og ta med seg erfaring og læring videre til andre, nye prosjekter. Dette er positivt i seg selv, da man trenger erfarne og kompetente folk som er gode i BIM. Hvis man benytter samme system på alle prosjekter trenger man for eksempel ikke like mye opplæring da man allerede har opparbeidet seg kunnskap fra tidligere.

For å unngå forvirring rundt den direkte visualiseringen av kvaliteten og modenheten ved bruk av fargekoder i BIM-modellen, kan det lønne seg å bruke samme farger på samme statuser. Det kan være forvirrende dersom man er vant til at frysede objekter er blå, men så kommer man til et annet prosjekt og de frysede objektene er grønne. Dette gjelder alle som er inne i BIM-modellen, både kunden, prosjekteringsledelsen og prosjekteringsgruppen.

Internt i Multiconsult og andre rådgivende bedrifter vil det å skille mellom de ulike begrepene skape en kommunikasjonsutfordring. Det er viktig at bransjen tenker seg litt om når det kommer til bruk av status og MMI. Er S0 til S4 og MMI 100 til MMI 400 styring av modenheten innenfor én fase eller fra start til slutt i prosjektet? Dersom det går fra start til slutt, er det hensiktsmessig å starte på MMI 350 midt i en ny fase, eller burde man sjekke om det er noen forutsetninger eller premisser som har endret seg siden kunden tok beslutning om å starte fasen? Begrepet man bruker må henge sammen med kundens og prosjekteringsgruppens PGM, og må avklares tidlig. Derfor kan det være nyttig med en standardisering innen bransjen.

6.3.10 Bruke flere statuser

Det er mulig å tilpasse statusene til prosjektet i en større grad. I noen tilfeller kan man ha færre statuser, i andre tilfeller flere. Hva som lønner seg er avhengig av prosjektet, og kan være vanskelig å vite. Da informantene fra Lyse-Fagrafjell forteller at det er vanskelig å sette status mellom S2 og S3, kunne det kanskje vært en status mellom disse. Likevel er det vanskelig å vite hvordan denne statusen skal defineres. Skal nye statuser ha egne fargekoder? Hvis de har det, bør det da gjøres likt på alle prosjekter? Det går an å se på milepælene i fremdriftsplanen og se om det er mulig å knytte noen av de til aktivitetene som gjøres mellom S2 og S3.

Prosesstatuskodene til BuildingSmart har flere statuser enn MMI og status i Multiconsult. Tønsbergprosjektet, som fulgte dette systemet, hadde kun valgt ut 5 av de 11 mulige statuskodene i prosjekteringsfasen. Det å ha så mange som 11 statuser i en fase kan være forvirrende. Det er ikke sikkert at det er noen merverdi i å ha så mange statuser. Dette er nok noe som må vurderes fra prosjekt til prosjekt, men undertegnede ser flere ulemper med å ha mange statuser. For det første kan det være forvirrende med så mange farger, og vanskelig å skille de ulike statusene fra hverandre i modellen da flere farger kan se like ut. Det krever også mer arbeid fra de som setter statusene. Det er ikke sikkert det å ha så mange statuser møter prosjektbehovene på en like god måte som MMI og Multiconsult sine statusdefinisjoner.

6.3.11 Videreutvikling

I dag brukes fortsatt inntjent verdi i fremdriftsrapportering i prosjekteringen, men det er på tide å tenke mer modenhet. Erfaringer fra caseprosjektene viser at det er en del arbeid igjen før fremdriftsstyring ved bruk av status kan videreutvikles, og at det kanskje ikke er riktig å gå helt bort fra inntjent verdi enda. Det er likevel viktig å få folk til å tenke mer BIM-modell, og mindre tegninger. Selv om det er mye igjen å lære, har informantene flere tanker om hvordan dette kan videreutvikles. BIM utvikler seg raskt og det kan godt hende at det om kort tid er mulig å utvikle det videre.

BIM kan i større grad automatiseres. Både ved at BIM-modellen kan synkroniseres direkte opp til kunden, og at fremdriftsrapporteringen skjer direkte i BIM-modellen. I fremtiden vil det kanskje være mulig å knytte alt du gjør opp mot statuser, som igjen inneholder informasjon om modenhet. Statusene kan være knyttet opp mot bemanning, ressurser og timebruk. Likevel vil det som en av informantene nevner, fortsatt være en del aktiviteter som det ikke er mulig å knytte til BIM-modellen. Prosjekter kan ha fag som ikke modellerer, men som allikevel fungerer som rådgivere. På Jølstra vil de for eksempel ha inn en del ferdigproduserte elementer, som en turbin, og den er ikke noe de modellerer selv. Likevel brukes rådgivere for å finne ut hvor stor den er og hva som skal til for å gå trygt rundt den. Dette vil være egne elementer i fremdriftsplanen og skal måles fremdrift på som alt annet. På en annen side kan jo alt det som er mulig å direkte linke opp mot BIM-modellen, automatiseres på en bedre måte.

Det blir også nevnt at det kunne vært fint å legge til en parameter som direkte viser inntjent verdi i BIM-modellen. Dersom statusene kunne blitt vist med en prosentandel i tillegg, kan det være enklere å sette fremdrift. For eksempel si at det er 90% ferdig, men én siste KS mangler før det er 100%. Da vet man det litt mer lineært. Samtidig er det vanskelig å vite hvor lenge man egentlig har igjen, og hvor lang tid ting egentlig tar, som nevnt i kapittel 6.2.5. Det blir enda vanskeligere på for eksempel 70%. Som tidligere nevnt, kan det være en mulighet å estimere antall leveransepakker, som en del av planleggingen, og følge opp dette underveis i prosjektet. Slik har man en oversikt over faktisk antall leveransepakker og status på disse opp mot planlagt fremdrift. Dermed kan man enklere kunne sette prosentandel. Dette er noe som må testes ut i flere prosjekter, for å prøve hva som fungerer best.

For å løse utfordringen med at fagene jobber i ulike programvarer i BIM, kunne alle jobbet i samme verktøy. Dersom alle fagene jobber i samme programvare, vil man bruke mye mindre tid på modelladministrasjon, og slippe å bruke tid sette sammen alle BIM-modellene sammen i en sammenstillingsmodell. Dersom alle jobber "live" i samme BIM-modell, slipper man i det hele tatt å ha en sammenstillingsmodell. Dette er nok noe som ligger svært langt frem i tid, og sånn som det er nå kan man ikke presse alle de prosjekterende til å jobbe like effektivt i samme programvare. Dersom leverandørene av programvarene kunne lage ett verktøy som er like godt og effektivt for alle fag, ville det vært en stor fordel.

7 Konklusjon

Denne rapporten studerer hvordan fremdrift i prosjekteringen kan styres ved bruk av BIM. Den konkluderes med besvarelse av de tre forskningsspørsmålene presentert i kapittel 1.3, en evaluering av arbeidet som er utført, og tanker om videre arbeid med temaet.

7.1 Hvordan har utvalgte caseprosjekter benyttet seg av BIM i fremdriftsstyring?

Denne studien viser at fremdrift i prosjekteringsfasen kan følges ved bruk av inntjent verdi med støtte fra stater i BIM-modellen. Med dette menes det at caseprosjektene benytter seg av et system for bruk av stater som beskriver modningsgraden av objekter i BIM-modellen i henhold til ønsket prosess, både med tanke på geometri og informasjonsinnhold. Statusene i BIM-modellen blir da brukt som et verktøy parallelt med tradisjonell planlegging og rapportering av fremdrift.

Caseprosjektene består av to energiprosjekter og ett byggeprosjekt. Selv om det er forskjeller mellom prosjektene med tanke på geografi, kompleksitet og tverrfaglighet, vil rammene rundt prosjektene være ganske like og det er like store krav til prosjekterende uavhengig av prosjekttype og –størrelse. Det kan derfor argumenteres for at energiprosjekter også er relevante for byggebransjen, og det er mange likheter mellom hvordan fremdriften i prosjekteringsfasen styres. Caseprosjektene følger enten MultiPEM eller en annen form for PGM og følger dermed ideelt prosjekteringsforløp med stegvis prosjektering. Alle fremdriftsplanene i caseprosjektene er brutt ned i leveransepakker. Fremdriftsplanene er basert på hva som skal leveres når på byggeplassen, etter innspill fra entreprenøren. Fremdriftsplanene er utviklet av prosjekteringsledelsen, med innspill fra fagene. Det er prosjekteringsledelsen som styrer, koordinerer og rapporterer fremdrift i prosjekteringsarbeidet.

Fremdriftsplanene er koblet enten helt eller delvis til BIM. Det vil si at planene, og steginndelingen i planene, er delt opp i forhold til modenhetsnivåer i BIM-modellen. Dette anses som en forutsetning for at bruk av status skal fungere optimalt. Ved å se statusene opp mot leveranseplanen kan man følge med på hvordan man ligger an fremdriftsmessig.

Felles for alle prosjektene er at status kommuniseres gjennom en sammenstillingsmodell. Statusene illustreres visuelt gjennom fargekoder på leveransepakkene som viser aktuell status. Sammenstillingsmodellen blir oppdatert en gang i uken. Den blir tatt opp på prosjekteringsmøter der det fokuseres ekstra på fremdrift. Hver måned rapporteres fremdrift til kunden. Et av prosjektene sender i den forbindelse ut en fremdriftsrapport som viser statusfordeling for disiplinene på ulike områder. De to andre prosjektene gjennomfører til gjengjeld prosjekteringsmøtene sammen med kunden og bruker BIM-modellen aktivt i disse møtene.

7.2 Hva er erfaringene fra å benytte BIM i fremdriftsstyring?

Erfaringene fra studien viser at det er mange fordeler med å benytte statuser i BIM til fremdriftsstyring i prosjekteringsfasen. Likevel kan det by på flere utfordringer. Fordelene og utfordringene som er diskutert i denne studien er oppsummert i tabell 22.

Tabell 22: Fordeler og utfordringer ved bruk av status i BIM

Fordeler	Utfordringer
<ul style="list-style-type: none">• Visuelt sterkt fremdriftsverktøy	<ul style="list-style-type: none">• Fagene jobber i forskjellige BIM-verktøy
<ul style="list-style-type: none">• Potensielt hindre sene kundeinitierte endringer	<ul style="list-style-type: none">• Tidkrevende modelladministrasjon
<ul style="list-style-type: none">• Se trender tidlig	<ul style="list-style-type: none">• Enkelte verktøy har ikke programvarestøtte for statussetting
<ul style="list-style-type: none">• Styre prosessen underveis	<ul style="list-style-type: none">• Kvalitative målinger kan gi feil bilde
<ul style="list-style-type: none">• Bedre kontroll på kvalitet	<ul style="list-style-type: none">• Vegring for å sette status
<ul style="list-style-type: none">• Kvalitativ måling av fremdrift	<ul style="list-style-type: none">• Få eierskap til bruk av status
<ul style="list-style-type: none">• Potensielt tidsbesparende	<ul style="list-style-type: none">• Lite erfaring og kompetanse

Ved å planlegge når objekter skal ha en gitt verdi eller en status er det enklere å følge og styre fremdriften. Bruk av statuser med fargekoder gjør BIM til et visuelt sterkt fremdriftsverktøy. Det blir med en gang visuelt hvor langt man har kommet. Fargekodingen synliggjør problemområder, og man kan raskt sortere ut det som ligger bak planlagt fremdrift. På denne måten er det mulig å se trender tidlig og justere planen dersom det trengs. Bruk av status er likevel ikke bare et internt kommunikasjonsverktøy som bidrar til bedre forståelse for statusnivå og BIM. Bruk av status kan potensielt forhindre sene kundeinitierte endringer. Ved å vise en statusatt BIM-modell i møter med kunden kan kunden få en bedre forståelse for prosjekteringen og konsekvensene av eventuelle endringer. Bruk av status gir en styring av prosjekteringsprosessen underveis og man vil kunne kvalitetssikre produksjonen tidlig i prosjektet. Krav til gitt kvalitet på et gitt tidspunkt gir forutsigbar kvalitet. På prosjekter der det produseres tegninger er forhåpentligvis alle grensesnitt mot alle fag plukket opp før tegningen lages fordi KS-prosessen blir integrert i prosjekteringen. Dette kan potensielt være tidsbesparende og spare prosjektet for feil i tegningsleveransene.

En av de største utfordringene per dags dato er at fagene jobber i forskjellige BIM-verktøy, noe som krever mye modelladministrasjon fra prosjekteringsledelsen. Mye av modelladministrasjonen går også ut på at enkelte BIM-verktøy ikke har programvarestøtte for å sette status, og dette må gjøres i etterkant når BIM-modellene skal settes sammen i en sammenstillingsmodell. Å få eierskap til bruk av status kan være en utfordring. Det kan skyldes lite erfaring og kompetanse, men kan også bunne i dårlig koordinering og kommunikasjon i prosjektet. Lite eierskap til bruk av status kan gjøre at noen fag vegrer seg for å endre status. Erfaringen fra caseprosjektene er at terskelen for å endre en status er høy. Likevel oppleves det at påliteligheten på ferdighetsgraden til objektene i BIM-modellen er høy.

Nå som leveransene i byggeprosjekter blir mer modellbaserte, øker kompleksiteten av arbeidet. Bruk av status gjør at man kan styre prosjekteringsforløpet på en måte som er mer i tråd med faktisk fremdrift gjennom de BIM-baserte verktøyene som er tilgjengelige. Erfaringene og konklusjonene gjort i denne studien, viser at BIM og bruk av status i stor grad kan forbedre fremdriftsstyring i detaljprosjekteringen.

7.3 Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsstyring optimaliseres?

Analysene i denne studien viser at bruk av status i fremdriftsstyring i prosjekteringen har fungert bra. Dette skyldes blant annet god planlegging, tett oppfølging av fag og aktører, gode rutiner, høy kompetanse, og god koordinering og kommunikasjon. Casestudien viser at disse faktorene er forutsetninger for at bruk av BIM i fremdriftsstyring skal fungere på en optimal måte.

Det er viktig å starte tidlig med planlegging av bruk av status. Her kan man samtidig hente erfaring fra andre prosjekter. BIM-modellen tilpasses og forbedres etter ytterligere nye erfaringer. Forberedelser gir også bedre kvalitet. En PGM, som MultiPEM, sikrer en samordnet og koordinert fremdrift i prosjekteringen, samt at den etablerer kvalitetsnivåer som felles grunnlag for å detaljere prosjekteringen videre. En milepælsplan som samtidig er knyttet til BIM-modellen tvinger frem fremdrift. Det kan være mulig å gjøre PNS mer prosjekteringsbasert, men samtidig ivareta en ønsket byggesekvens for entreprenøren. Ved å ha et tett samarbeid mellom aktørene vil kunden og entreprenøren få et bedre innblikk i hvordan de prosjekterende jobber, og PNS og fremdriftsplanen for prosjekterende blir mer tilpasset utførende.

Tett oppfølging og tidlig igangsettelse av prosesser vil gjøre at de involverte får større tiltro og eierskap til bruk av status. Dagens organisering og samarbeidsmodeller må i mye større grad tilpasses en digital arbeidsform. De rådgivende må i større grad bidra til opplæring hos kunde og entreprenør, og vise frem BIM-modellen oftere. Alle aktører må være motivert for å tilegne seg kunnskap om BIM. Erfaringer fra studien viser også at bruk av BIM-modellen i møter, med fargekodede statuser, gir bedre forståelse for statusnivåene, større eierskap, kunnskap og kompetanse rundt BIM.

Nå som prosjekteringsprosessen i mye større grad foregår med aktivt bruk av BIM må man øke kompetansen på BIM hos alle aktører. Dette gjelder ikke bare de prosjekterende som modellerer og setter status, men også de som styrer og følger prosjektene. Det er vanskelig, om ikke umulig, å kontrollere prosessen uten å ha kjennskap til BIM. For å motivere medarbeiderne til en ny digital hverdag er det viktig å fokusere på verdien av bruk av status og vise hvordan dette bidrar til en optimal fremdriftsstyring i prosjektet. For optimal bruk av status i fremdriftsstyring bør det utvikles sjekklister for statusendringer i BIM-modellen slik at en enkelt kan kontrollere at krav til de enkelte leveransepakke er tilfredsstillt før man oppnår en høyere status.

Casestudien viser at det må bygges kunnskap og kompetanse før man eventuelt kan videreutvikle bruk av status i fremdriftsstyring. Noe som allikevel kan implementeres før en eventuell videreutvikling, er et standardisert språk for bransjen. Denne rapporten nevner flere ulike metoder som kan brukes til å vurdere modenheten i BIM-modellen. Selv om prosjektet setter tydelige mål og har innarbeidet gode rutiner bruk av status, er det flere fordeler ved å bruke en felles, standardisert terminologi for bransjen, som MMI. Kommunikasjonen foregår på en entydig måte og det kan være enklere å få alle involverte til å få lik forståelse for statusnivå. Man unngår samtidig forvirring rundt definisjoner og fargekoder. Dersom samme terminologi brukes overalt kreves det dessuten ikke like mye opplæring i nye prosjekter.

Når det gjelder videreutvikling er det ønskelig å automatisere BIM-verktøyet i større grad. I fremtiden kan potensielt all fremdriftsrapportering skje direkte i BIM-modellen. Om alle fagene kunne jobbet effektivt i ett og samme verktøy, ville det løst flere utfordringer. Dette anses som viktige virkemidler for å optimalisere bruk av BIM i fremdriftsstyring, men ligger foreløpig langt frem i tiden.

7.4 Evaluering av eget arbeid

Det er flere ting som kunne vært gjort annerledes i denne studien. For det første kunne det vært mulig og interessant å intervju flere som er involvert i prosjekteringsfasen, blant annet kunder og disipliner, men også andre rådgivende bedrifter. Prosjekteringsgruppen på Tønsbergprosjektet består av flere rådgivende bedrifter og det kunne vært interessant å få tanker og meninger fra disse. Kunder er ikke direkte involvert i fremdriftsstyring, men det kan være nyttig å snakke med de for å se verdien av bruk av status i praksis. Har det gitt verdi, kundetilfredshet, og bedre kvalitet? Det kunne samtidig vært mulig å intervju disiplinlederne som vurderer fremdriften, for å få deres tanker om nøyaktigheten på rapporteringen og hva som ligger bak vurderingene. Er det tidkrevende å sette status? Hvor nøyaktig er vurderingen av modenheten? Utvalget av intervjuobjekter kunne med andre ord vært annerledes for å se mer på effekten av bruk av status i fremdriftsstyringen.

For det andre kunne intervjuguiden i større grad vært tilpasset caseprosjektene og de ulike rollene som ble intervjuet. Det kunne vært stilt flere spørsmål direkte om BIM-verktøy til for eksempel BIM-koordinatorer og PRL, og spørsmål mer knyttet til oppfølging og koordinering til PS og OL. Det kunne også vært stilt spørsmål mer direkte knyttet opp mot type prosjekt, for å undersøke forskjeller og likheter mellom energi- eller byggeprosjekt.

Likevel mener undertegnede at generaliserbarheten og påliteligheten til resultatene er høy. Funnene antas å kunne generaliseres innenfor rådgivende virksomheter grunnet likheter i bransjen. Variasjoner i caseprosjektene karakteristikk gir en bredere relevans. Forskningsresultatene er troverdige da utvalget av både prosjekter og intervjuobjekter gir et bredt perspektiv.

Ettersom undertegnede har vært i Oslo og skrevet masteroppgaven har det ikke vært mulig å diskutere tema med medstudenter i like stor grad som om undertegnede hadde sittet i Trondheim. Undertegnede kunne i større grad ha samarbeidet med medstudenter. Likevel har det å sitte på kontoret til Multiconsult i Oslo gitt en nærhet til flinke folk som kan mye om prosjekteringsledelse, BIM og status. Det har ført til flere diskusjoner og bidratt positivt til prosessen og resultatet av masteroppgaven.

7.5 Videre arbeid

Studien er begrenset ved at den ser på Multiconsult sin praksis for fremdriftsstyring ved bruk av BIM, likevel argumenteres det for at den presenterer resultater som vil tilsvare andre bedrifter i samme bransje. Nåværende tilnærminger til bruk av BIM til fremdriftsstyring i andre rådgivende bedrifter er et område av interesse for videre forskning. Ettersom veilederen for MMI kom ut høsten 2018, hadde det vært interessant å forske på prosjekter som har brukt MMI til fremdriftsstyring i Norge og hvilke effekter dette har hatt.

Videre forskning bør inkludere erfaringer fra kundens ståsted. Det er samtidig aktuelt å studere prosjekter som har brukt status i BIM i fremdriftsstyring der de har kommet lengre ut i byggefasen. Da vil det være mulig å se verdien av bruk av status i større grad. Var det verdt det? Sparte de tid? Ga det bedre kvalitet?

For å kunne løse utfordringen med at fagene jobber i ulike BIM-verktøy og at dette krever mye tid til håndtering og modelladministrasjon, er det nødvendig med ytterligere forskning på modellflyten mellom de ulike verktøyene og håndtering av store BIM-modeller. Studiet avdekket i tillegg et stort behov for automatisering i BIM. Automatisering av BIM i prosjekteringen bør være et tema av høy interesse for selskaper i byggebransjen, og presenterer store muligheter for effektivisering av prosjekteringsprosessen.

Bibliografi

- Azhar, S., 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, July, 11(3), pp. 241-252.
- Bakke, I. H., 2018. *Fremdriftsrapportering i prosjektering*, Trondheim: NTNU.
- Bedrick, J., 2008. Organizing the Development of a Building Information Model. *AECbytes*.
- BIMForum, 2017. *LEVEL OF DEVELOPMENT SPECIFICATION GUIDE*. [Online]
Available at: https://bimforum.org/wp-content/uploads/2017/11/LOD-Spec-2017-Guide_2017-11-06-1.pdf
[Accessed 08 02 2019].
- Borrman, A. et al., 2014. Synchronous collaborative tunnel design based on consistency. *Advanced Engineering Informatics*, 28(4), pp. 499-517.
- buildingSmart, 2014. *buildingSMART Datamodell*. [Online]
Available at: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>
[Accessed 12 11 2018].
- buildingSmart, 2017. *bsNG Statuskoder og fargekoding*. [Online]
Available at: <https://buildingsmart.no/bs-guiden/definisjoner>
[Accessed 21 03 2019].
- Byggeindustrien, 2016. *Alt om BIM - spørsmål og svar*. [Online]
Available at: <http://www.bygg.no/annonsorinnhold/1290463>
[Accessed 12 11 2018].
- Byggordboka, 2018. *Entrepriseformer*. [Online]
Available at: <https://www.byggordboka.no/artikkel/les/entrepriseformer>
[Accessed 26 03 2019].
- Chin, S. et al., 2004. *A Project Progress Measurement and Management System*. Jeju, 21st International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC).
- Dalland, O., 2017. *Metode og oppgaveskriving*. 6. ed. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- DIBK, n.d. 3.2.5. *Entrepriseformer*. [Online]
Available at: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.5.-entrepriseformer/>
[Accessed 26 03 2019].
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Eldin, N. N., 1991. Management of Engineering/Design Phase. *Journal of Construction Engineering and Management*, March, 117(1), pp. 163-175.
- Eray, E., Haas, C. T., Rayside, D. & Golparvar-Fard, M., 2018. *A conceptual framework for tracking design completeness of Track Line discipline in MRT projects*. Berlin, Germany, 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. ISARC.
- Eriksen, H. T. & Hoffmann, M. L., 2016. *Multiconsults gjennomføringsmodell*, Oslo: Multiconsult.

- Feist, S., 2016. *A-BIM: Algorithmic-based Building Information Modelling*. Master thesis, Lisboa: Technical University of Lisbon.
- Fischer, M., Ashcraft, H. W., Reed, D. & Khanzode, A., 2017. *Integrating Project Delivery*. 1st ed. s.l.:Wiley.
- Fleming, Q. W. & Koppelman, J. M., 2010. *Earned value project management*. 4. ed. Newtown Square, Pa.: Project Management Institute.
- Fløisbonn, H. W. et al., 2018. *MMI - Modell Modenhets Indeks*, Oslo: EBA.
- Garcia, G., Golparvar-Fard, M., De La Garza, J. M. & Fischer, M., 2018. *Model Maturity Risk Index Framework for Tracking Progress in Model-Based*. New Orleans, Louisiana, Construction Research Congress 2018.
- Georgy, M. E., Chang, L.-M. & Zhang, L., 2005. Utility-Function Model for Engineering Performance Assessment. *Journal of Construction Engineering and Management*, May, 131(5), pp. 558-568.
- Granheim, G. O., 2017. *Organisering av oppdrag*, Oslo: Multiconsult.
- Grani, H. K., 2016. *Level of Development - LOD - as a Lifecycle BIM tool*. [Online] Available at: <https://blog.areo.io/level-of-development/> [Accessed 26 03 2019].
- Graphisoft, 2019. *MMI- Modell Modenhets Indeks i BIM - prosjekter*. [Online] Available at: http://www.mynewsdesk.com/no/graphisoft-norge/blog_posts/mmi-modell-modenhets-indeks-i-bim-prosjekter-81831 [Accessed 01 05 2019].
- Griffin, J. A., 2013. *The value earned with earned value*. Paper presented at PMI® Global Congress 2013—North America, New Orleans, LA. Newtown Square, PA, Project Management Institute.
- Hinze, J., 2011. *Construction Planning and Scheduling*. 4. ed. Boston: Pearson.
- Hooper, M., 2015. Automated model progression scheduling using level of development. *Construction Innovation*, 15(4), pp. 428-448.
- Jackson, B. J., 2010. *Construction Management JumpStart: The Best First Step Toward a Career in Construction Management*. 2nd ed. s.l.:Sybex.
- Klakegg, O. J., 2017. *Project delivery models — situational or fixed design?*. Lviv, Ukraine, 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT).
- Knotten, V., Lædre, O. & Hansen, G. K., 2017. Building design management – key success factors. *Architectural Engineering and Design Management*, June, 13(6), pp. 479-493.
- Knotten, V., Svalestuen, F., Dammerud, H. & Aslesen, S., 2014. *Integrated methodology for design management – a research project to improve design management for the AEC industry in Norway*. Oslo, 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction.
- 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*, Volume 21, pp. 120-127.
- Kvale, S. & Brinkmann, S., 2009. *Det kvalitative forskningsintervju*. 2. ed. Oslo: Gyldendal Akademisk.

- Lukas, J. A., 2008. *Earned Value Analysis – Why it Doesn't Work*, Toronto, Canada: AACE International Transactions.
- Mejlænder-Larsen, Ø., 2013. *Funksjonsbeskrivelse for BIM-kordinator*, Oslo: Multiconsult.
- Mejlænder-Larsen, Ø., 2019a. A three-step process for reporting progress in detail engineering using BIM, based on experiences from oil and gas projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(4), pp. 648-667.
- Mejlænder-Larsen, Ø., 2019b. *Bruk av status i Multiconsult* [Interview] (05 02 2019b).
- Meland, Ø. H., 2000. *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen - Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko?*, Trondheim: NTNU.
- Meland, Ø. H., 2017. *Gjennomføringsmodell: Kva er nå det?*, Grimstad: Universitetet i Agder.
- Moen, S. E. & Moland, L. E., 2010. *BygningsInformasjonsModellering (BIM). En studie av utfordringer med å implementere BIM i Statsbygg og Skanska.*, Oslo: Fafo.
- Mosland, T. B., 2016. *LEAN for byggebransjen*. [Online]
Available at: <https://bygg.tekna.no/lean-for-byggebransjen/>
[Accessed 04 12 2018].
- Moum, A., 2010. Design team stories: Exploring interdisciplinary use of 3D object models in practice. *Automation in Construction*, 19(5), pp. 554-569.
- Multiconsult, 2017a. *Først i Norge med IPD-kontrakt på sykehusbygging*. [Online]
Available at: <https://www.multiconsult.no/forst-norge-ipd-kontrakt-pa-sykehusbygging/>
[Accessed 26 03 2019].
- Multiconsult, 2017b. *Tønsbergprosjektet*. [Online]
Available at: <https://www.multiconsult.no/prosjekter/tonsbergprosjektet/>
[Accessed 08 04 2019].
- Multiconsult, 2019a. *Leveransepakker*. [Online]
Available at:
<https://multiconsultas.sharepoint.com/sites/MultiPEMportal/SitePages/Leveransepakker.aspx>
[Accessed 08 04 2019].
- Multiconsult, 2019b. *Statusdefinisjon og MMI*. [Online]
Available at:
<https://multiconsultas.sharepoint.com/sites/MultiPEMportal/SitePages/Statusdefinisjon%20og%20MMI.aspx>
[Accessed 20 03 2019].
- Multiconsult, 2019c. *Statuskommunikasjon*. [Online]
Available at:
<https://multiconsultas.sharepoint.com/sites/MultiPEMportal/SitePages/Statuskommunikasjon.aspx>
[Accessed 24 04 2019].
- Multiconsult, n.d. *Vannkraft*. [Online]
Available at: <https://www.multiconsult.no/karriere/kompetansenettverk/vannkraft/>
[Accessed 09 04 2019].
- Myrtrøen, O. J., 2018. *Gjennomføringsmodell*, Oslo: Multiconsult.

- NTNU, n.d. *Finne kilder*. [Online]
Available at: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder#section-Finne+kilder>
[Accessed 27 09 2018].
- Nærings- og handelsdepartementet, 2013. *Mangfold av vinnere (Meld. St. 39 (2012-2013))*. [Online]
Available at: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-39-20122013/id729296/sec6#KAP6-8>
[Accessed 07 12 2018].
- Nøklebye, A., 2018. *Enabling Lean Design with Management of Model Maturity*, Trondheim: NTNU.
- Olsen, T. L. A., 2015. *Effektivisering av prosjekteringsprosessen - Med implementering av BIM, Lean Construction og VDC*, Trondheim: NTNU.
- ProsjektNorge, u.d.-a. *Hvorfor earned value*. [Online]
Available at: <http://v1.prosjektnorge.no/index.php?subsite=speedup&pageId=962>
[Accessed 12 11 2018].
- ProsjektNorge, u.d.-b. *Verktøy for Fremdriftsstyring*. [Online]
Available at: <http://v1.prosjektnorge.no/index.php?pageId=830>
[Accessed 08 04 2019].
- RIF, 2004. *Prosjekteringsledelse i bygge- og anleggsprosjekter*, Oslo: RIF.
- Rolstadås, A., 2011. *Praktisk prosjektstyring*. 5. ed. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Samsset, K., 2008. *Prosjekt i tidligfasen*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag.
- SINTEF, 2013. *Problemnotat - Måling av produktivitet og prestasjoner i byggenæringen*, Trondheim: SINTEF.
- Skinnarland, S., 2016. *Gjennomføringsmodell med BIM for detaljprosjektering: Erfaringer fra Deichmanske hovedbibliotek*, Oslo: Fafo.
- Song, L. & AbouRizk, S. M., 2005. Quantifying Engineering Project Scope for Productivity Modeling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(3), pp. 360-367.
- Standard Norge, 2010. *NS 8402:2010 - Alminnelige kontraktsbestemmelser for rådgivningsoppdrag honorert etter medgått tid*, Oslo: Standard Norge.
- Statens vegvesen, 2010. *Konkurransesgrunnlag - Kjøp av planleggings- og prosjekteringstjenester*. [Online]
Available at: https://www.vegvesen.no/_attachment/216339/binary/412867
[Accessed 02 12 2018].
- Statnett, 2019. *Konsensjonssøknad - Ny 420 kV-forbindelse Lyse-Fagrafjell*. [Online]
Available at: <http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/200902400/1923420>
[Accessed 08 04 2019].
- Statsbygg, 2018. *Statsbygg satser på samspill*. [Online]
Available at: <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2018/Statsbygg-satser-pa-samspill/>
[Accessed 03 05 2019].
- Sunnfjord Energi, n.d. *Om prosjektet*. [Online]
Available at: <https://jolstra-kraftverk.no/om-prosjektet/>
[Accessed 08 04 2019].

Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O. & Lohne, J., 2018. Planning the building design process according to Level of Development. *Lean Construction Journal*, pp. 16-30.

Teknisk Ukeblad, 2017. *Byggeskader koster samfunnet 17 milliarder i året: – Det blir stadig flere feil.* [Online]

Available at: <https://www.tu.no/artikler/byggeskader-koster-samfunnet-17-milliarder-i-aret-eksperter-mener-nye-byggeregler-bor-lose-problemet/383217>

[Accessed 01 12 2018].

Tjora, A., 2013. *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 3. ed. Oslo: Gyldendal Akademisk.

Tønsbergprosjektet, 2017. *Ikke større risiko med IPD*. [Online]

Available at: <http://tonsbergprosjektet.no/ipd-avtale-ikke-storre-risiko/>

[Accessed 10 05 2019].

Vargas, R., 2003. *Earned value analysis in the control of projects: success or failure?*. Orlando, AACE - Association for Advancement of Cost Engineering 47th Annual Meeting.

Westgaard, H., Arge, K. & Moe, K., 2010. *Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse: rapport til Byggekostnadsprogrammet, januar 2010*, Oslo: Arkitektbedriftene.

Wiik, T., 2011. *Inntjent verdi - Earned value*. [Online]

Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=HZtLj8U3Ljk>

[Accessed 12 11 2018].

Yin, R. K., 2014. *Case Study Research: Design and Methods*. 5. ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

Vedlegg

Vedlegg 1 – Intervjuguide

Vedlegg 1 – Intervjuguide

Dato: _____ **Intervjuobjekt:** _____
Arbeidsstilling: _____ **Prosjekt:** _____

Intervjuet er semi-strukturert og vil bestå av fire hoveddeler.

- **Del 1:** Introduksjon. Jeg vil fortelle litt om meg selv og hvorfor jeg er her. Rammesetting for intervjuet.
- **Del 2:** Oppvarmingsspørsmål. Intervjuobjektet forteller generelt om seg selv og sin erfaring på området, og litt om prosjektet.
- **Del 3:** Refleksjonsspørsmål. Dette er selve kjernen av intervjuet hvor forskningsspørsmålene skal besvares.
- **Del 4:** Avrundning. En oppsummering av intervjuet.

Del 1 – Introduksjon

Intervjuer: Ida Hulbaklien Bakke, student på NTNU, bygg- og miljøteknikk – prosjektledelse. Jobber deltid som prosjektstyrer i Multiconsult. Skal begynne i full jobb i august.

Tema: Digital byggeprosess → fremdriftsrapportering i prosjektering

Bakgrunn: Måling og rapportering av fremdrift er vanskelig. Tradisjonell rapportering er tidkrevende og unøyaktig (subjektiv). Det er viktig å skaffe et verktøy for å måle kvalitet og fremdrift i prosjekteringen. Det er ønskelig å benytte BIM, men få har satt seg inn i hvordan dette kan gjøres. Eksisterende forskning både når det gjelder bruk av BIM til fremdriftsrapportering, fokuserer på utførelsen, og ikke prosjekteringen.

Problemstilling: “*Hvordan kan BIM forbedre fremdriftsrapporteringen i prosjektering i norske byggeprosjekter?*”

Forskningsspørsmål:

- *Hvordan har prosjekter benyttet seg av BIM i fremdriftsrapportering?*
- *Hva er effekten av å benytte BIM i fremdriftsrapportering?*
- *Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsrapportering videreutvikles/optimaliseres?*

Formål: Intervjuets formål er å kartlegge hvordan fremdrift rapporteres i prosjekteringen ved bruk av BIM.

Bruk av intervjuet: Intervjuet brukes i masteroppgave for å kartlegge og undersøke praksisen for fremdriftsrapportering ved bruk av BIM. Dette skal sammenlignes med litteraturen og tidligere intervjuer (tradisjonell metode). Selve intervjuet vil ta ca. 60 minutter og er delt i tre temaer etter forskningsspørsmålene.

Samtykke: Er det greit intervjuet tas opp på lydopptak? JA/NEI

Er det greit at jeg tar kontakt hvis det skulle dukke opp usikkerheter eller nye spørsmål i etterkant av intervjuet? JA/NEI

Har du noen spørsmål før vi starter?

Del 2 – Oppvarmingsspørsmål

1. Hva slags bakgrunn og erfaring har du i bransjen?
2. Beskriv din egen rolle i oppdraget (arbeidsoppgaver osv.)
 - a. Hvor lenge/ hvilke faser har du vært med i?
3. Hva slags kunnskap og erfaring har du fra prosjektering (med BIM) og fremdriftsstyring?
4. Hva slags bakgrunn og erfaring har du med BIM?
 - a. Har du hørt om LOD og MMI? Eventuelt; hva kan du om dette?
5. Kort om oppdraget
 - a. Kontraktsform
 - b. Beskriv Multiconsults rolle og oppgaver i detaljprosjekteringsfasen
 - c. Start/slutt
 - d. Hvilken fase er oppdraget i nå?
 - e. Hva brukes BIM til i oppdraget?

Del 3 – Refleksjonsspørsmål

Forskningsspørsmål 1: Hvordan har prosjekter benyttet seg av BIM i fremdriftsrapportering?

1. Prosjektgjennomføringsmodell
 - a. Hvor godt kjenner du MultiPEM?
 - b. Har MultiPEM (eller tilsvarende) blitt benyttet i prosjektet?
 - c. Hvilke hovedelementer i MultiPEM har blitt brukt?
 - d. Er/var detaljprosjekteringsfasen delt opp i steg og milepæler?
 - e. Er milepælene knyttet til stegene?

2. Planlegging av prosjekteringen
 - a. Brukes fremdriftsplaner i prosjekteringen?
 - b. Hvor ofte blir fremdrift kontrollert mot plan?
 - c. Hvor detaljerte lages planene? Deles fremdriftsplan opp i steg og milepæler?
 - d. Har dere tatt utgangspunkt i en PNS?
 - e. Hva har dere tatt utgangspunkt i når dere har etablert leveransepakke i PNS? Er det tatt utgangspunkt i PNS eller er det disiplinene som har bestemt?
 - f. Ble det etablert en KTR-struktur?
 - g. Er PNS reflektert mot KTR-struktur?
 - h. Hvilke tiltak utføres dersom en faller bak plan? (Både når det gjelder tid og budsjett)

3. Metode for fremdriftsrapportering
 - a. Benyttes tradisjonelle metoder som rapportering av inntjent verdi basert på subjektive vurderinger?
 - b. Benyttes BIM?
 - c. Begge deler?

4. Dersom BIM brukes (i større eller mindre grad); På hvilken måte benyttes BIM til å rapportere fremdrift i prosjekteringen?
 - a. Har dere definert leveransepakker/styringsobjekter og statussett disse?
 - b. Har dere planlagt status for leveransepakker/styringsobjekter i forhold til milepæler?
 - c. Har dere fulgt opp planlagt status underveis i fasen, og sammenlignet med faktisk status (ved aktuelle milepæler)?
 - d. Har dere fargekodet statusdefinisjonene og satt farge på leveransepakker/styringsobjekter i forhold til faktisk status?
 - e. Hvordan evalueres modenheten på objekter i BIM-modellen? Benyttes sjekklister ved statusoverganger? Bestemmer disiplinleder?
 - f. Hvem har ansvaret for å erklære deler av modellen for et statusnivå? (Ref. 4e)
 - g. Hvem har ansvaret for at selve rapporteringen (med BIM) følges opp (og tas i bruk)?
 - h. Hvordan kommuniseres statusen på objekter mellom disipliner?

Forskningsspørsmål 2: Hva er effekten av å benytte BIM i fremdriftsrapportering?

1. Hvordan godt fungerer/fungerte MultiPEM (eller prosjektgjennomføringsmodellen)?
 - a. Hvordan fungerer steginndelingen?
 - b. Er steginndelingen knyttet til oppnådde modenhetsnivåer?
 - c. Hvordan fungerer milepælsinndelingen?

2. Hvor godt fungerte/fungerer fremdriftsplanene?
 - a. Hvordan fungerer/fungerte PNS?
 - b. Hvordan fungerer/fungerte KTR-strukturen?
 - c. Hva kan gjøre det vanskelig å planlegge prosjektering? (Og fremdriften?)
 - d. Hva er vanlige årsaker til avvik fra plan?
 - e. Må produsert prosjekteringsarbeid ofte revideres? Hvorfor?

3. Hvordan har fremdriftsrapporteringen fungert? (*Hvis kun tradisjonell*)
 - a. Hva er fordelene med å rapportere på denne måten?
 - b. Hva er ulempene med å rapportere på denne måten?

4. Hvordan har fremdriftsrapporteringen fungert? (*Hvis BIM/ BIM+tradisjonell*)
 - a. Hva er fordelene med å bruke BIM i fremdriftsrapporteringen? (Også for kunden)
 - b. Gir BIM mer nøyaktig rapportering av fremdrift?
 - c. Hva er ulempene/utfordringer med å bruke BIM i fremdriftsrapporteringen?
 - d. Er det en utfordring at fagene jobber i ulike verktøy?
 - e. Må en fryst modell ofte "igjen-åpnes"? Tanker om årsaker til dette? (F.eks. endringer eller feil)
 - f. Er kravene til hver leveranse tydelige for alle prosjekterende?
 - g. Er definisjonen/forståelsen av statusnivå tydelig og lik for alle prosjekterende?
 - h. Tanker om påliteligheten på ferdighetsgraden til objekter/tegninger?

Forskningsspørsmål 3: Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsrapportering videreutvikles/optimaliseres?

1. Hvordan kan planleggingen/gjennomføringen av prosjekteringen fungere bedre?
 - a. Hvordan kunne steginnndelingen vært bedre?
 - b. Hvordan kunne milepælsinndelingen vært bedre?

2. Hvordan kan fremdriftsplanene fungere bedre?
 - a. Hvordan kunne PNS blitt forbedret?
 - b. Hvordan kunne KTR blitt forbedret?
 - c. Hvordan unngå avvik fra planen?
 - d. Hvordan unngå revidere så mye arbeid?

3. Hvordan kan bruk av BIM i fremdriftsrapportering fungere bedre?
 - a. Hva kunne vært gjort annerledes?
 - b. Hvilke forutsetninger må til for å kunne bruke BIM i fremdriftsrapportering?
 - c. Hvordan kan bruk- og definisjoner av statusnivå tydeliggjøres for alle prosjekterende?
 - d. Tanker om hvordan metoden kan videreutvikles?

Del 4 – Oppsummering

Oppsummerende; Har jeg forstått deg riktig?

Med tanke på temaet vi har snakket om i dag, har du noe å supplere, eller en sluttkommentar?

Ta gjerne kontakt om du har noe spørsmål eller kommer på noe av relevans til prosjektet.

Begrepsavklaringer

Under er det oppgitt forklaringer av begreper brukt i intervjuet.

- BIM** – Bygningsinformasjonsmodell
- LOD** – Level of Development (utviklingsnivå). Definerer innholdet og påliteligheten til BIM-elementer på forskjellige stadier eller milepæler.
- MMI** - Modell Modenhets Indeks. Beskriver modningsgraden av objektene i BIM-modeller ved bruk av omforente tallkoder. Både med tanke på geometri og informasjonsinnhold.
- MultiPEM** – Prosjektgjennomføringsmodellen til Multiconsult. Den forteller hva som skal gjøres, i hvilken rekkefølge, til hvilket nivå i hvilken fase. (MultiPEM er Multiconsult sin systematikk for å definere og styre arbeidsprosesser i salg og oppdrag.)
- Steg** – Skal forstås som objektets utviklingsnivå innen en fase. Steg kan også ses på som et tidsavgrenset hovedfokus innenfor en fase for å oppnå et definert delmål (markert som en milepæl).
- Milepæl** – Målepunkt langs tidsaksen i oppdragets fremdriftsplan. Brukes til å markere sentrale leveranser, beslutninger, sjekkpunkter, startpunkt, slutt punkt med mer og måle disse opp mot et forhåndsdefinert innhold.
- PNS** – Prosjektnedbrytningsstruktur (engelsk: Work Breakdown Structure) er en hierarkisk inndeling av prosjektet i arbeidspakker/leveransepakker.
- KTR** – Den enkelte arbeidspakke fra PNS blir beskrevet mer detaljert i et Kost-Tid-Ressurs-skjema. Her beskrives arbeidsomfanget, resultater, ansvarlig, kostnader, tid og ressurser for det enkelte elementet i prosjektnedbrytningsstrukturen.
- Status** – (Statusnivå). Inndeling for å definere ferdighetsgrad eller utviklingsnivå. Benyttes for styringsobjekter. Angis på form S0 til S5.