



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:
Industriell økonomi

Vårsemesteret, 2022

Åpen / Konfidensiell

Forfatter:
Kristoffer Melhus Rødne

.....
(signatur forfatter)

Fagansvarlig:
Dina Zhenisovna Kairbekova
Veileder(e):
Dina Zhenisovna Kairbekova

Tittel på masteroppgaven:
BIM-prosjekter, er dette bedre enn tradisjonelle prosjekter?

Engelsk tittel:
Are BIM-projects better than traditional projects?

Studiepoeng: 30

Emneord:
Bygg-, Anleggs- og Eiendomsnæringen
(BAE-næringen)
Bygningsinformasjonsmodell (BIM)
BIM-prosjekt
Dataassistert konstruksjon (DAK)

Sidetall: 41/54

+ vedlegg/annet: 13/54

Stavanger, 12.06/2022

dato/år

Forord

Masteroppgaven er skrevet ved Det teknisk- naturvitenskaplige fakultet, Institutt for sikkerhet, økonomi og planlegging ved Universitet i Stavanger. Oppgaven inngår i emnet INDMAS, utgjør 30 studiepoeng og ble utarbeidet våren 2022.

Temaet i oppgaven er om BIM-prosjekter har klare fordeler i forhold til tradisjonelle prosjekter. Bakgrunnen for valg av tema er både personlig og profesjonelt. Jeg har helt siden første gang jeg hørte om 3D i byggeprosjekter vært interessert i det, så interessert at det har blitt en del av yrket mitt.

Jeg vil takke forelesere ved NTNU sitt årskurs innen BIM for den kompetanse og innsikt årskurset ga meg. Videre vil jeg takke veileder Dina Zhenisovna Kairbekova ved Det teknisk- naturvitenskaplige fakultet, Institutt for sikkerhet, økonomi og planlegging. Helt til slutt vil jeg takke familie og venner for deres gode støtte og motivasjon.

Sandnes, juni 2022



Kristoffer Melhus Rødne

Sammendrag

Digitaliseringen er på vei inn i BAE-næringen, og en av resultatene av denne digitaliseringen er BIM, som også blir omtalt som digital tvilling. Offentlige byggherrer har begynt å stille krav til bruk av BIM i leveranser, noe som setter et «digitaliseringspress» på hele næringen. For at man skal få størst mulig nytteverdi av BIM-leveransene kreves det kompetanseutvikling i hele næringen. Det er også viktig å utvikle relevante standarder og lover slik at leveransene i stor grad blir like, uavhengig av hvem byggherren er.

Masteroppgaven har som oppgave å besvare problemstillingen «*Vil BIM-prosjekter være mer verdiskapende enn tradisjonelle prosjekter?*», og for å undersøke problemstillingen er følgende forskningsspørsmål utformet:

1. Finnes det merverdi for byggherre med bruk av BIM?
2. Finnes det merverdi for entreprenører med bruk av BIM?
3. Finnes det ulemper for byggherre med bruk av BIM?
4. Finnes det ulemper for entreprenører med bruk av BIM?

For å besvare både problemstillingen og de fire forskningsspørsmålene har det blitt utført en forskningsstudie ved hjelp av kvalitativ metode, i form av litteraturstudie.

Funn fra studien viser at BIM er vesentlig enklere å forholde seg til enn det DAK er. Ved bruk av BIM får man samlet all informasjon om prosjektet på ett sted, i motsetning til tradisjonelle prosjekter hvor informasjon er spredt utover alle kanter. Det at all informasjon om prosjektet finnes på et sted vil hjelpe i både prosjekteringen og driftsfasen av bygget. Objekter vil få «personnummer» og prosjekthotellene vil være med på å skape en «byggningsjournal», på denne måten vil det være mer sporbarhet i prosjektene. Effektiviteten vil også øke med bruk av BIM, mye av grunnen til dette er at prosjekterende kun trenger å tilegne informasjon en gang til modellen. BIM vil i det hele tatt føre til at man har bedre kontroll på bygningsmassen.

Studien viser at en av de største forskjellene på BIM og DAK, er at BIM er i 3D. Det at prosjektene er i 3D vil hjelpe med visualisering av prosjektet. Aktører som er berørt av prosjektet, som brukere og kunde, kan komme med verdifull innputt i tidligfase før byggingen er startet. Visualiseringen vil også hjelpe med tverrfaglige avklaringer, slik at man unngår kollisjoner på byggeplass. Det vil også være mulig å gjøre både avanserte analyser og 4D-planlegging når man bruker BIM i prosjekter.

Oppgaven konkluderer med at selv om det kan oppfattes som en økonomisk nedside å investere i BIM-teknologi, vil oppsidene denne nye teknologien medfører være mye større enn den ene økonomiske nedsiden.

Abstract

Digitalization is making its way into the AEC industry and one of the results of this digitalization is BIM, which is also referred to as digital twin. Public builders have started to demand that BIM should be part of the deliveries in their projects, which again puts a “digitalization pressure” on the entire industry. In order to harvest the benefits from a BIM delivery, the entire industry needs to develop BIM competence. It’s also important to develop relevant standards and laws in the same pacing, so the deliveries will be largely the same no matter who the client is.

This master’s thesis has the task of answering the following issue: “Will BIM-projects create more value than traditional projects?”. To investigate this issue the following research questions have been designed:

1. Are there any benefits for the client with the use of BIM?
2. Are there any benefits for the contractors with the use of BIM?
3. Are there any disadvantages for the client with the use of BIM?
4. Are there any disadvantages for the contractors with the use of BIM?

In order to answer both the issue and the four research questions, a qualitative research study has been carried out in the form of a literature study.

Findings from the study show that BIM is significantly easier to use in comparison to CAD. By using BIM on will get all the information about the project in one place, in contrast to traditional projects where information is spread “everywhere”. The easy access to all information about the project will help in both the design and operational phase of the building. Objects will receive “social security numbers” and the CDE will work as a “building journal”, this way there will be higher traceability in the projects. The efficiency will also increase when working with BIM, since the projecting teams only need to assign the information once to the model. BIM will in general lead to a better sense of control over the construction.

The study shows that one of the biggest differences between BIM and CAD is that BIM is in 3D. The fact that the projects are in 3D will help with the visualization of the project. Stakeholders in the project will be able to provide valuable input in the early phases before the construction has started. The visualization will also help with interdisciplinary clarifications which in turn will reduce the collisions on the construction site. It will also be possible to do advanced analysis and 4D planning when BIM is used in a project.

The thesis concludes that although it can be perceived as an economic downside to invest in BIM technology, the upsides of this new technology will far outweigh the one economic downside.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	ii
Sammendrag	iii
Abstract	iv
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Formål og problemstilling.....	1
1.3 Avgrensning	2
1.4 Oppgavens oppbygning	2
2 Metode.....	3
2.1 Generelt	3
2.1.1 Kvalitative og kvantitative metoder	3
2.1.2 Relevans og pålitelighet for datainnsamling	4
2.2 Bakgrunn for valg av metode	5
2.3 Litteraturstudie.....	5
2.3.1 Generelt.....	5
2.3.2 Kvalitetsvurdering.....	5
3 Teoretisk rammeverk.....	7
3.1 BIM og DAK.....	7
3.1.1 Hva er DAK?	7
3.1.2 Hva er BIM?	7
3.1.3 Forskjell på DAK og BIM.....	9
3.2 Hva er et prosjekt?	10
3.2.1 BIM-prosjekt i denne oppgaven	10
3.3 BIM-prosjekt	10
3.3.1 Utdanning/kompetanse.....	11
3.3.2 Programvare	11
3.4 Filtyper.....	14
3.4.1 DAK filtyper.....	14
3.4.2 BIM-filtyper.....	14
3.5 Digitalt veikart	16
3.5.1 Forutsetningene.....	16

3.5.2	Produktene	17
4	Data	19
4.1	Designmetode.....	19
4.1.1	Tradisjonell designmetode	19
4.1.2	BIM-designmetode	19
4.2	Tverrfaglig kontroll /kollisjonskontroll	20
4.2.1	Tradisjonell tverrfaglig kontroll	20
4.2.2	Tverrfaglig kontroll med BIM.....	20
4.3	Samhandling i prosjektet	21
4.3.1	Tradisjonell samhandling.....	21
4.3.2	BIM-samhandling.....	22
4.4	Utskrift	23
4.4.1	Tradisjonell utskrift.....	23
4.4.2	BIM-utskrift.....	25
4.5	Endringer	25
4.5.1	Tradisjonelle endringer.....	25
4.5.2	BIM-endringer.....	25
4.6	Egenkontroll og mengdeuttak	26
4.6.1	Tradisjonell egenkontroll og mengdeuttak	26
4.6.2	Egenkontroll og mengdeuttak med BIM	26
4.7	Fremdrift.....	26
4.7.1	Tradisjonell fremdrift.....	26
4.7.2	BIM-fremdrift.....	27
5	Resultater.....	28
5.1	Generelt.....	28
5.2	Byggherre.....	28
5.2.1	Merverdi med bruk av BIM.....	28
5.2.2	Ulemper med bruk av BIM	30
5.3	Entreprenør	31
5.3.1	Merverdi med bruk av BIM.....	31
5.3.2	Ulemper med bruk av BIM	33
6	Diskusjon.....	35

6.1	Status i dag.....	35
6.2	Merverdi med bruk av BIM.....	35
6.3	Utdanning og kompetanseheving.....	36
6.4	Økonomi og miljø	36
6.5	Senke terskelen for bruk av BIM	37
7	Konklusjon.....	39
7.1	Forslag til videre forskning	40
Appendiks A	Litteraturliste	42
Appendiks B	Forkortelser og ordforklaringer	44
Appendiks C	Relevante standarder, manualer og PA-er.	45
C.1	Standarder fra Standard Norge	45
C.2	Manualer fra Statsbygg	46
C.3	PA-er fra Statsbygg	46

Figurliste

Figur 2.1 - Kjennetegn ved kvalitative og kvantitative metoder (Dalland, 2021, s. 55).....	4
Figur 3.1 - Objekttype og objektforekomst, eksempel dører	8
Figur 3.2 - Objekttype og objektforekomst, eksempel ARK med dør og vindu	9
Figur 3.3 - Eksempel BIM-filer	15
Figur 3.4 - Digital byggeprosess (Byggenæringens Landsforening, 2017)	18
Figur 4.1 - Tradisjonell samhandling (British Standard Institution, 2000)	22
Figur 4.2 – BIM-samhandling (Scottish Futures Trust).....	23
Figur 4.3 - Eksempel plantegninger RIE pr. revisjon.....	24
Figur 4.4 - TFM på plantegning forfatter har utarbeidet, publisert med tillatelse fra Andreas Klovholt i Statsbygg	24
Figur 4.5 - TFM i BIM-viewer, hentet fra prosjektarbeid forfatter utførte i faget BIM1023 ved NTNU	25
Figur 5.1 - Time-effort kurve, utarbeidet fra MacLeamy (2004) (Lu, Fung, Peng, Liang, & Rowlinson, 2014).....	30
Figur 6.1 – IFC-entiteter, hentet fra SBM1.2.1 (Statsbygg, 2013).....	38
Figur 6.2 - Komponentkode, hentet fra NS3457-8 (Statsbygg, 2021).....	38

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Bruk av bygningsinformasjonsmodell (BIM) er nærmest blitt en norm i byggeprosjekter i Bygg-, Anleggs- og Eiendomsnæringen (BAE-næringen) i Norge. Offentlige byggherrer som Statsbygg, Sykehusbygg og Forsvarsbygg stiller krav om BIM-leveranser på prosjekter, og Standard Norge har begynt å lansere standarder som omhandler BIM.

I 2017 lanserte Byggenæringens Landsforening (BNL) et digitalt veikart for BAE-næringen, hvor visjonen var: *“En heldigitalisering av norsk BAE-næring innen 2025 skal sikre en konkurransedyktig, bærekraftig og seriøs næring”* (Byggenæringens Landsforening, 2017). Rapporten sier at det er fire forutsetningene for å få til denne visjonen:

1. Felles digital plattform
2. Standarder, digitale lover og regler
3. Kompetanseutvikling
4. Gevinstrealisering

Disse fire forutsetningene skal sammen bidra til at man får en digital byggeplass og en digital tvilling av bygget. For å få til denne digitaliseringen er BIM essensielt. Det er BIM som er grunnmuren i digitaliseringen, med en korrekt BIM kan man enkelt koble på det man ønsker av informasjon både i modelleringsprogramvare og i prosjekthåndteringsverktøyet som blir brukt. Når denne informasjonen er koblet på får man et godt utgangspunkt for både digital byggeplass og en digital tvilling.

For å forstå konseptene i denne masteroppgaven, er det essensielt at man har en forståelse for hva Dataassistert konstruksjon (DAK) og BIM er. Forklaring og definisjoner av DAK og BIM vil bli presentert i det teoretiske kapittelet. I oppgaven vil man se at DAK er forbundet med tradisjonelle prosjekter, mens BIM er forbundet med BIM-prosjekter.

Denne oppgaven kommer ikke til å være et dypdykk i hva BIM er. Det vil analyseres hvilke fordeler BIM kan tilføre et byggeprosjekt, så fremt BIM kunnskapen hos alle involverte parter er til stede. Det er helt klart viktig at man forstår hva som ligger i begrepet BIM hvis man er involvert i byggeprosjekter i BAE-næringen. Hvis man skal prosjektere, modellere eller koordinere i BIM-prosjekter er det også viktig å vite hvordan filutvekslingsformatet Industry Foundation Classes (IFC) fungerer. Det vil være en kort innføring i hva IFC er i teori kapittelet, men for å beherske IFC bør man gå dypere i materien enn det det blir gjort i denne oppgaven.

1.2 Formål og problemstilling

Tittelen på oppgaven er *«BIM-prosjekter, er dette bedre enn tradisjonelle prosjekter?»*, men problemstillingen i oppgaven vil være *«Vil BIM-prosjekter være mer verdiskapende enn tradisjonelle prosjekter?»*. For å svare på problemstillingen er det valgt å se BIM-prosjekter og tradisjonelle prosjekter fra byggherre og entreprenør sine respektive sider. Forskningsspørsmålene for å besvare problemstillingen lyder som følger:

1. Finnes det merverdi for byggherre med bruk av BIM?
2. Finnes det merverdi for entreprenører med bruk av BIM?
3. Finnes det ulemper for byggherre med bruk av BIM?
4. Finnes det ulemper for entreprenører med bruk av BIM?

For å finne svar på forskningsspørsmålene må det kartlegges hvordan BIM-prosjekter blir gjennomført og sammenligne gjennomføringen med hvordan tradisjonelle prosjekter gjennomføres. Denne kartleggingen finner sted i kapittel 4.

1.3 Avgrensning

Oppgaven vil i hovedsak omhandle BAE-næringen i Norge. Det meste av kilder og lignende er hentet fra aktører innen BAE-næringen. Selv om avgrensningen for oppgaven er BAE-næringen, er det ikke implisitt at resultatene og konklusjonene i oppgaven utelukkende gjelder for denne næringen, disse kan vel så greit gjelde for infrastrukturprosjekter.

1.4 Oppgavens oppbygning

Oppgaven er delt inn i kapitler og underkapitler slik det kommer frem av innholdsfortegnelsen.

Kapittel 1 Innledning: Vil gi en kort innføring i bakgrunn for valg av tema, problemstilling og oppgavens avgrensning.

Kapittel 2 Metode: Vil beskrive de ulike metodene for informasjonshenting og hvilken metode som er blitt brukt i denne oppgaven.

Kapittel 3 Teoretisk rammeverk: Vil beskrive det teoretiske rammeverket for oppgaven. Her vil både BIM og DAK bli definert, og man vil få en beskrivelse av hva et BIM-prosjekt er.

Kapittel 4 Data: Her vil funnene fra litteraturstudien bli delt inn i underkapitler, som igjen vil bli delt inn i to underkapitler hver: et for tradisjonelle prosjekter og et for BIM-prosjekter.

Kapittel 5 Resultater: Her vil resultatene bli delt i to kapitler, et for byggherre og et for entreprenører. I hvert av disse kapitlene vil mulig merverdi og mulige ulemper for den aktuelle gruppen bli presentert.

Kapittel 6 Diskusjon: Her vil det bli diskutert basert resultatene og dataene som er blitt presentert i oppgaven.

Kapittel 7 Konklusjon: Her vil det komme en konklusjon på problemstillingen i oppgaven og forskningsspørsmålene som ble stilt innledningsvis. Her vil det også bli presentert forslag til videre forskning.

Appendiks A Litteraturliste: Listen over litteratur som er benyttet i oppgaven.

Appendiks B Forkortelser og ordforklaringer: Forkortelser og ordforklaringer som er benyttet i oppgaven.

Appendiks C Relevante standarder og manualer: Liste over relevante standarder og BIM manualer fra nasjonale organ.

2 Metode

2.1 Generelt

“Metoden er redskapet vårt i møte med noe vi vil undersøke. Metoden hjelper oss til å samle inn data, det vil si den informasjonen vi trenger til undersøkelsen vår” (Dalland, 2021, s. 54). Som Dalland beskriver i sitatet, er metoden et redskap man bruker for å finne svaret på en problemstilling man har. Valg av metode faller ofte naturlig da problemstilling kan diktere hvilken metode som bør benyttes. Man bør også begrunne hvorfor man har valgt å benytte valgt metode, dette kan være i form av at metoden vil gi god datainnsamling og vil belyse problemstilling på en god måte.

I denne masteroppgaven er det benyttet kvalitativ metode for å belyse og svare på problemstillingen. I hovedsak er denne oppgaven en litteraturstudie.

2.1.1 Kvalitative og kvantitative metoder

Datainnsamlingen vil være forskjellig avhengig av hvilken metode man velger. Den kvalitative metoden sikter seg ifølge Dalland inn på å fange opp data som ikke er direkte målbare eller lar seg tallfeste. Data som innsamles ved bruk av den kvalitative metoden kan bli karakterisert som «myke» og forskere som samler inn disse «myke» dataene kan bli karakterisert som «tolkere» (Dalland, 2021, s. 55). Her menes altså at man med bruk av kvalitativ metode ofte tolker de dataene man finner og prøver å få frem en helhet basert på de mengdene data man har funnet. Mens den kvantitative metoden gir ifølge Dalland data som er direkte målbare og dermed vil gi mulighet for matematiske regneoperasjoner med den innsamlede dataen. Data som innsamles ved bruk av den kvantitative metoden kan bli karakterisert som «harde» og forskere som samler inn disse «harde» dataene kan bli karakterisert som «tallere» (Dalland, 2021, s. 55). Her menes altså at man med bruk av kvantitativ metode ofte teller og gjør matematiske regneoperasjoner med dataen man finner/skaffer seg. Det er ikke slik at man som forsker er låst til disse karakteristikkene, med bruk av kvantitativ metode kan man også tolke dataene og vice versa. Figur 2.1 viser hvilke kjennetegn Dalland mener tilhører de to metodene.

Kvantitativt orientert	Kvalitativt orientert
<i>Presisjon</i> – få frem mest mulig eksakt avspeiling av den kvantitative variasjonen	<i>Følsomhet</i> – få frem best mulig gjengivelse av den kvalitative variasjonen
<i>Bredde</i> – gå i bredden – innhente et lite antall opplysninger om mange undersøkelsesenheter	<i>Dybde</i> – gå i dybden – mange opplysninger om få undersøkelsesenheter
<i>Det gjennomsnittlige</i> – få frem det som er felles, det representative	<i>Det særegne</i> – få frem det som er spesielt, eventuelt avvikende
<i>Systematikk</i> – spørreskjema med faste svaralternativer – systematiske og strukturerte observasjoner	<i>Fleksibilitet</i> – intervju preget av fleksibilitet uten faste svaralternativer – ustrukturerte observasjoner
<i>Fjernhet til feltet</i> – datainnsamlingen skjer uten direkte kontakt med feltet	<i>Nærhet til feltet</i> – datainnsamlingen skjer i direkte kontakt med feltet
<i>Deler</i> – data som samles inn, er knyttet til atskilte fenomener	<i>Helhet</i> – data som samles inn, tar sikte på å få frem sammenheng og helhet
<i>Forklaring</i> – fremstillingen tar sikte på å formidle forklaringer	<i>Forståelse</i> – fremstillingen tar sikte på å formidle forståelse
<i>Tilskuer</i> – forskeren ser fenomenet utenfra – forskeren tilstreber nøytralitet og avstand	<i>Deltaker</i> – forskeren ser fenomenet innenfra – forskeren erkjenner påvirkning og delaktighet
<i>Jeg–det-forhold</i> – mellom forsker og undersøkelsesperson er det et jeg–det-forhold	<i>Jeg–du-forhold</i> – mellom forsker og undersøkelsesperson er det et jeg–du-forhold

Figur 2.1 - Kjennetegn ved kvalitative og kvantitative metoder (Dalland, 2021, s. 55)

2.1.2 Relevans og pålitelighet for datainnsamling

For at dataen som blir innsamlet skal være nyttig for å belyse problemstillingen sier det seg selv at dataen må ha relevans til problemstillingen. Det er ikke nok at kilden har relevans til problemstillingen, men innholdet i dataen må være relevant.

Selv om dataen som blir innsamlet er relevant, trenger den ikke nødvendigvis å være pålitelig. Det vil si at dataen som er samlet inn kommer fra kilder som er pålitelige og at det ikke er unøyaktigheter i tolkningene som blir gjort.

2.2 Bakgrunn for valg av metode

Tittelen «BIM-prosjekter, er dette bedre enn tradisjonelle prosjekter?» er en oppgavetittel som gir rom for datainnsamling i form av både en ren kvalitativ metode og en ren kvantitativ metode. Her er det ordet «bedre» som gir rom for begge metodene, her kan man utføre litteraturstudie for å se hvilke eventuelle fordeler BIM-prosjekter har i forhold til tradisjonelle prosjekter, og man kan foreta datainnsamling fra aktørene i bransjen for å få tall på hva som eventuelt er «bedre». En forutsetning for å kunne foreta en kvantitativ metode er at man har ja/nei spørsmål slik at datainnsamlingen blir mest mulig pålitelig. For å lage disse spørsmålene kreves det derimot en kunnskap innenfor fagfeltet, slik at spørsmålene faktisk har en relevans for problemstillingen. Det er denne kunnskapen innenfor fagfeltet denne oppgaven prøver å skaffe. Metoden som er valgt i denne oppgaven er dermed en kvalitativ metode med litteraturstudie som hovedkilde for datainnsamling. Forfatter har også deltatt på diverse webinar og kurs for å få mer impulser rundt oppgavens tema. Disse webinarne og kursene er blitt benyttet istedenfor tradisjonelle intervjuer.

Forfatteren har tidligere fullført et årstudium innen BIM og har jobbet med både DAK og BIM de siste fem årene. Dataene i oppgaven vil dermed være litteratur funnet ved hjelp av søkeverktøy og litteratur opparbeidet ved både årstudiet og jobb. Her ligger også forfatters impulser gjennom både årstudium og arbeidsliv til grunn for en del av tolkningene gjort i denne oppgaven. Forfatter har også benyttet seg av kvalitativ metode i oppgaver som er skrevet i tidligere studieløp.

2.3 Litteraturstudie

2.3.1 Generelt

Litteraturstudie er benyttet for å innhente data fra forskjellige kilder for å gi et helhetlig bilde av problemstillingen. Som nevnt over har forfatter tidligere fullført et årstudium innen BIM og mye av BIM litteraturen som er undersøkt i denne oppgaven er dermed litteratur fra dette studiet. Annen litteratur er funnet både ved hjelp av Google Scholar, Google.no og Oria. Felles for disse tre søkeverktøyene er at det er blitt benyttet diverse søkerord for å finne troverdige kilder. Kildene som er funnet direkte via Google.no trenger ikke nødvendigvis å være de mest pålitelige og disse har forfatter dermed vært påpasselig med å bruke. Gjennom årenes løp har forfatter også benyttet seg en del av publikasjoner fra for eksempel Statsbygg, buildingSMART og Standard Norge. Disse publikasjonene er også blitt benyttet i denne litteraturstudien, og forfatter har også gått direkte inn på sidene til disse kildene for å finne mer publikasjoner som har blitt benyttet i studien.

2.3.2 Kvalitetsvurdering

I litteraturstudien har forfatter prøvd så godt det lar seg gjøre å avgrense søk slik at resultatene er relevante for oppgaven. Så langt det har latt seg gjøre er det prøvd å benytte pålitelige kilder slik som Statsbygg, Sykehusbygg, Standard Norge og andre store aktører innen BAE-næringen i Norge. Ved å gjøre denne avgrensningen kan det hende at synspunkter fra mindre aktører i næringen ikke kommer frem i oppgaven.

Forfatter er som nevnt tidligere kjent med både DAK og BIM og har en formening om hvilken metode han selv foretrekker, men funnene og diskusjonene i oppgaven er likevel forsøkt å holdes så objektive som mulig. Med dette menes det dermed at reliabiliteten i oppgaven er ivaretatt. Forfatters egne synspunkter vil ikke være en del av litteraturstudiet som sådan, men det kan hende synspunktene viser enkelte steder. Da det vil vanskelig å forholde seg 100% nøytral når man arbeidet med BIM og DAK de siste fem årene. Forfatter lener seg i stor grad på bruk av troverdige kilder i litteraturstudien.

3 Teoretisk rammeverk

3.1 BIM og DAK

3.1.1 Hva er DAK?

I Norge bruker vi uttrykkene DAK og Computer aided design (CAD) litt om en annen. De betyr det samme, CAD er bare den engelske forkortelsen. DAK blir av Autodesk, en ledende leverandør av både CAD- og BIM-programvare, definert slik: *“CAD, or computer-aided design and drafting (CADD), is technology for design and technical documentation, which replaces manual drafting with an automated process”* (Autodesk, 2022). Ut ifra definisjonen til Autodesk ser vi at DAK er en teknologi for design og teknisk dokumentasjon som erstatter manuell tegning. Enkelt sagt kan man si at det er en digitalisering av manuell tegning. I hovedsak når man designer ved hjelp av DAK-programvare tegner man streker i 2D som skal fremstille de objektene som finnes i prosjektet

I DAK-programvaren benyttes noe som kalles for lag. Ved å benytte lagdeling kan man enkelt filtrere i en DAK-fil hva man vil skal vises og ikke. Dette forutsetter selvsagt at designeren er flink til å lage og bruke lagene korrekt. For en arkitekt (ARK) vil det for eksempel være naturlig å ha ett lag for dører, ett for vinduer og så videre. Senere i oppgaven vil det bli gjennomgått hvordan lag benyttes for å lage en logikk i DAK-filer.

Det finnes noe som heter 3D DAK, men for simpelhetens skyld vil det refereres til 2D videre i denne oppgaven når det er snakk om DAK.

3.1.2 Hva er BIM?

BIM står for bygningsinformasjonsmodell eller bygningsinformasjonsmodellering, i denne oppgaven vil vi holde oss til bygningsinformasjonsmodell. Det finnes flere forskjellige definisjoner av BIM, the International Organization for Standardization (ISO) definerer BIM som følger: *“use of a shared digital representation of a built asset to facilitate design, construction and operation processes to form a reliable basis for decisions”* (ISO, 2018). Denne standarden ble fastsatt som en norsk standard av Standard Norge mars 2019, og går under navnet NS-EN ISO 19650-1:2018 (Standard Norge, 2019). Som man kan se ut ifra definisjonen til ISO er BIM bruken av en digital representasjon av et byggverk som skal legge til rette for design, konstruksjon og drift, og danne grobunn for pålitelige beslutninger. I hovedsak når man designer ved hjelp av BIM-programvare plasserer man 3D-objekter som skal representere de fysiske objektene som skal brukes i prosjektet.

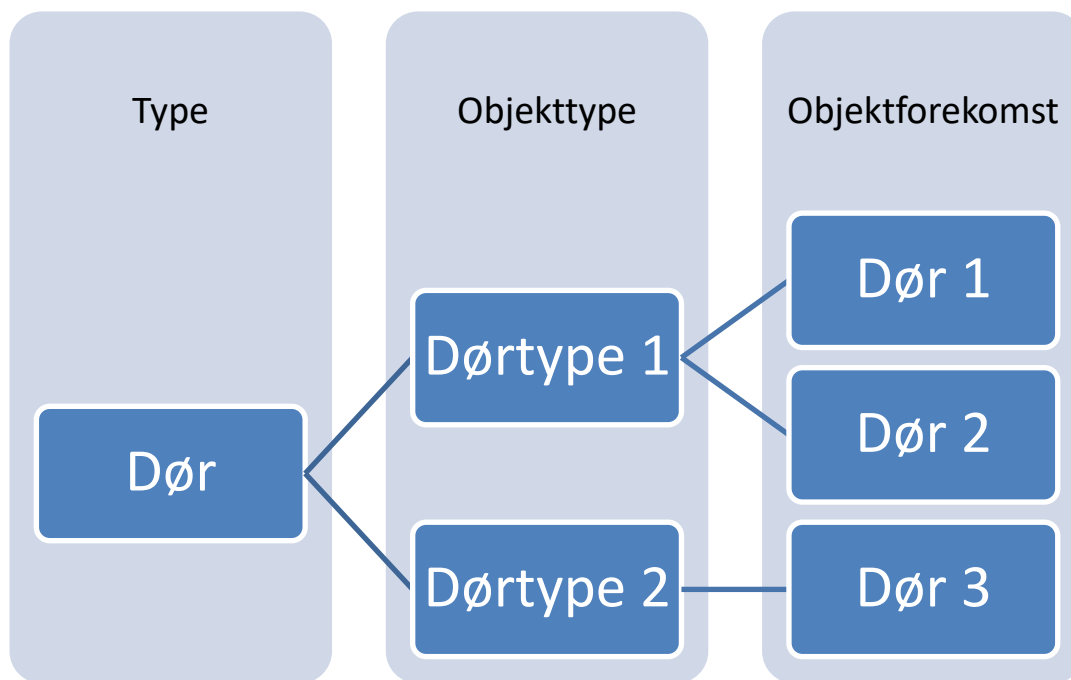
Hvis man tolker definisjonen til ISO direkte, vil det se ut som at alle aktører i et prosjekt jobber med samme digitale representasjon. Dette er ikke tilfellet, ofte har de ulike aktørene egne modeller de jobber i, men at det er mulighet for en sammenstilling av alle modellene. Det finnes enkelte aktører, som for eksempel rådgivende ingeniør brann (RIBr), som ikke har egne modeller. Disse aktørene må dermed samarbeide med aktørene som «eier» objektene, slik at alle objekter får den informasjonen som trengs. Et eksempel her kan være at RIBr gir

informasjon om hvilken brannklasse en dør skal være til ARK eller rådgivende ingeniør bygg (RIB).

Det er ofte ARK som er den ledende aktøren når man snakker om BIM-prosjekter. ARK setter geografiske koordinater i sin modell, disse koordinatene vil alle andre aktører arve og dermed er en sammenstilling av alle modellene mulig. Sammen med byggherre er det ARK som setter rammene for hvordan byggverkets utforming skal være, dette setter dermed føringer for de andre fagene. Enkelte endringer i ARKs utforming vil automatisk skje basert på andre fags input. Typiske slike endringer er himlingshøyde i trange rom – slik at alt av teknisk utstyr får plass over himling og størrelse på tekniske rom.

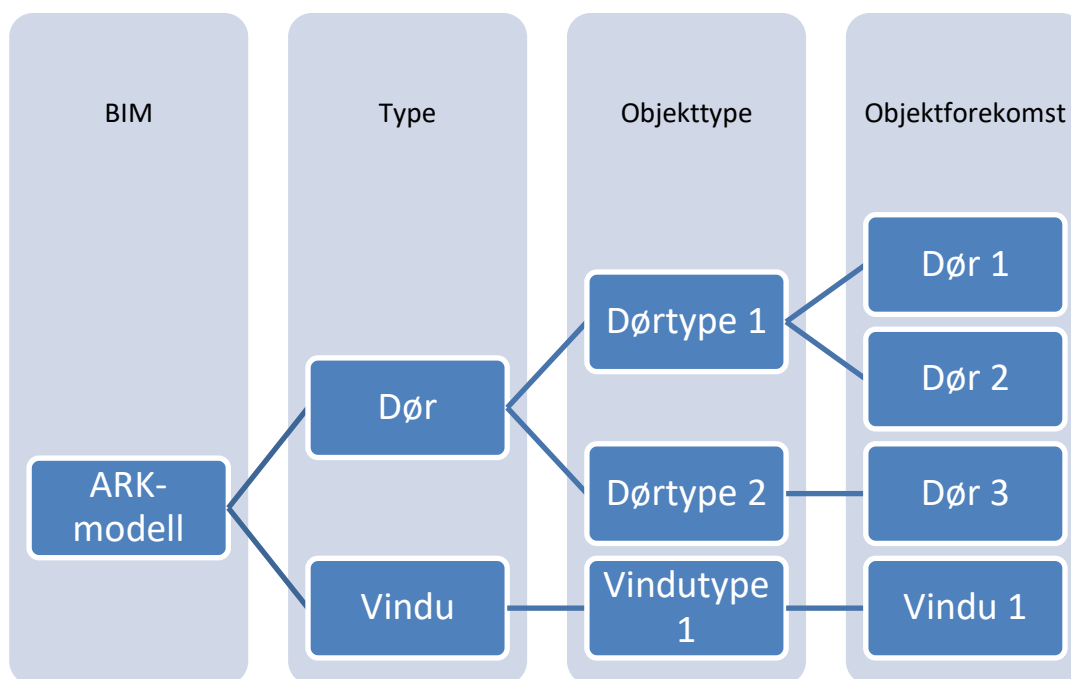
3.1.2.1 Objekter og objektforekomster

En BIM består i hovedsak av forskjellige objektforekomster hvor de ulike objektene tilhører forskjellige objekttyper. I Figur 3.1 ser man en enkel hierarkisk oversikt over dører. Her ser man at dør 1 og dør 2 er av typen dørtype 1, mens dør 3 er av typen dørtype 2. Selv om disse dørene er av to forskjellige objekttyper er de alle dører.



Figur 3.1 - Objekttype og objektforekomst, eksempel dører

Figur 3.2 er en utvidelse av Figur 3.1, hvor ARK-modell nå er blitt øverste nivå og vindu også er lagt til. Dette er i utgangspunktet slik BIM fungerer. Man har en objektforekomst som tilhører en objekttype. Denne objekttypen er en type, som igjen «eies» og blir modellert av modelleier, i dette eksempelet ARK. Ved å bruke BIM vil det dermed være enkelt å sette inn en dør 4 som skal være av dørtype 2. Da har man kontroll på alle de forskjellige objekttypene man bruker, og man har også kontroll på hvor mange av denne objekttypene som finnes i bygget.



Figur 3.2 - Objekttype og objektforekomst, eksempel ARK med dør og vindu

Figuren over kan selvsagt utvides med «uendelig» mange typer og objekttyper, og inneholde alle forekomstene som finnes i prosjektet. Med første øyekast kan man kanskje tenke at dette blir veldig uoversiktlig, men det blir det ikke da modelleringsprogrammene automatisk kan gi en oversikt over alle de ulike objekttypene og kan gi et antall av hvor mange objektforekomster det er av hver type.

Både objekttypene og objektforekomstene kan bli beriket med informasjon ved at man legger til informasjon i parameter som tilhører enten objektforekomsten eller objekttypen. Informasjonen kan man legge til manuelt, men det er også mulig å legge til informasjon automatisk basert på valgte regler man setter. Typisk informasjon som tilhører objekttypen kan være produsent, hvilket produkt det er og så videre, altså all informasjon som gjelder alle objektforekomster av denne typen. Informasjon som tilhører objektforekomsten kan være rommet objektet befinner seg i, egen navngivning for akkurat dette objektet og så videre, altså all informasjon som gjelder kun den aktuelle objektforekomsten.

3.1.3 Forskjell på DAK og BIM

Den største forskjellen på DAK og BIM er at BIM er en 3D-representasjon av bygget, mens DAK er en 2D-representasjon. Man har også mulighet til å lage 2D-representasjon av bygget i BIM-verktøy, noe som vil si at BIM dermed er en utvikling/forbedring av DAK. Den hierarkiske strukturen i BIM gjør også at det blir enklere å holde styr på alt av objekter og typeobjekter som finnes i prosjektet. En oversikt man manuelt må lage i tradisjonelle prosjekter hvor man bruker DAK. Strukturen i BIM kan være til stor hjelp i utarbeidelsen av dokumentasjon, bestillingslister og lignende i prosjektene. En annen vesentlig forskjell er informasjonen som tilknyttes både typeobjekt og objektforekomst i BIM. Mye av denne informasjonen legges til automatisk basert på objekttype, og så kan man arve informasjon som for eksempel romtilhørighet ut ifra fysisk plassering i modell. I tradisjonelle prosjekter må man legge til

denne informasjonen manuelt, både i DAK-programvaren og i eksempelvis Excel eller lignende.

3.2 Hva er et prosjekt?

Et prosjekt blir av British Standards Institution (BSI) definert slik: *“A project is a unique set of coordinated activities, with a definite starting and finishing point, undertaken by an individual or organization to meet specific objectives within defined schedule, cost and performance parameters.”* (British Standard Institution, 2000)

Ut ifra denne definisjonen kan vi se at et prosjekt er unikt sett med leveranser begrenset av tid, og blir målt opp mot definerte planer/fremdriftsplaner, kost og leveranse parameter. Man kan trygt si at byggeprosjekter dermed faller inn under prosjektdefinisjonen til BSI.

Gardiner beskriver første karakteristikken av et prosjekt slik: *“The first primary characteristic of projects is that each one is a temporary endeavour that exists for a limited period only; although temporary does not imply of short duration and a project’s end products may endure indefinitely.”* (Gardiner, 2005)

Et prosjekt kan med andre ord variere i lengde, men kan ikke vare evig. Det må være en begynnelse og en slutt for at det skal kunne bli kalt et prosjekt. Leveransene i prosjektene kan derimot vare evig. Da menes det ikke at en leverandør leverer evig til prosjektet, men at det som blir levert til/i prosjektet kan vare evig. Det er denne «evigheten» som videre i oppgaven vil bli omtalt som byggets driftsfase.

3.2.1 BIM-prosjekt i denne oppgaven

Med BIM-prosjekt menes prosjekter som bruker BIM aktivt gjennom hele byggefasen, helt fra skisseprosjekt til ferdigstilling. Det som er litt spesielt med BIM er at det først er et verktøy for å få bedre oversikt over byggeriet mens planlegging og bygging pågår, og når det er ferdigbygget vil BIM-en bli ansett som en leveranse i prosjektet. Pr. Gardiner (Gardiner, 2005) vil dermed BIM-en vare evig, eller være med inn i driftsfasen slik evigheten i denne sammenhengen er blitt definert over.

I denne oppgaven vil man altså se på BIM-prosjekt med hensyn på prosjektdefinisjonen til BSI, men også med hensyn på Gardiners beskrivelse av at leveranser, i dette tilfellet BIM, kan vare evig. Med andre ord blir prosjektbegrepet strukket litt her, da BIM både er et prosjekteringsverktøy og en leveranse.

3.3 BIM-prosjekt

For at et prosjekt skal gå under kategorien BIM-prosjekt kan ikke byggherre bare si at prosjektet skal bruke BIM. Det må komme klart frem i både Invitation to Tender (ITT) og kontrakt at BIM skal brukes. For at BIM skal bli implementert i ITT-dokumentasjon og kontrakt trengs det kompetanse på byggherresiden, enten må det finnes kvalifisert personell i byggherreadministrasjonen ellers må denne kompetansen leies inn.

Et godt utgangspunkt for BIM-retningslinjer kan man hos Statsbygg. Her finner man manualer for de ulike BIM filutvekslingsformatene IFC2x3 og IFC4. Disse manualene kan man enkelt

tilpasse sitt eget prosjekt slik at man har et godt utgangspunkt for bruk av BIM. Her stilles det diverse krav som entreprenør/utførende må forholde seg til. Det er derfor viktig at man tidlig i anbudsfasen for prosjektet utarbeider BIM-manual og referer til denne ved kontraktsinngåelse, på denne måten må entreprenør/utførende forholde seg til BIM-manualen.

Når man først har BIM som krav i kontrakten er det viktig at byggherre følger opp kravene med entreprenørene/utførende gjennom hele prosjektet. BIM-manualer er som regel oppbygget slik at man i skissefase og forprosjektfase har «enklere» krav enn når man kommer til detaljprosjekt og ferdigstillelse. Hvis byggherre dermed er flinke på å sjekke at kravene blir oppfylt i tidligfase vil man mest sannsynlig «forme» entreprenørene til å følge kravene i detaljprosjekt og ferdigstillelse. Det er i disse fasene man vil at kravene skal være oppfylt, da man skal bruke BIM-filene som arbeidsunderlag og i driftsfasen når prosjektet er ferdig.

Som man kan forstå er det relativt komplekst å stille BIM-krav i et prosjekt. Kravene skal både være til hjelp under selve prosjektet, men også være til hjelp når prosjektet er gått over i driftsfasen. Kravene må som nevnt tidligere stilles i anbudsfasen, slik at de blir kontraktsfestet. For at disse kravene skal være fornuftige og ikke minst nødvendige, er det viktig at driftspersonell, prosjektledere og BIM-ansvarlig hos byggherre setter seg ned når kravene skal settes. Driftspersonell har nok noen ønsker om hvordan de vil at produktet skal se ut når de overtar det, mens prosjektledere har sine meninger om hva som er viktig å ha kontroll på under selve byggingen. Det er altså byggherrens BIM-ansvarlig som må lage BIM-kravene i samråd med både driftspersonell og prosjektledere. I et byggeprosjekt finnes det jo flere forskjellige fag, og alle disse fagene må det stilles krav til. Noen av kravene vil være generelle for alle fag, mens andre krav vil være spesifikke for hvert enkelt fag. Det er her rammeverket til Statsbygg kommer til god nytte. Her finnes det gode maler på hvilke krav som skal stilles til hvilke fag, og når i prosjektet kravene skal stilles.

Byggherrens BIM-ansvarlige vil også være den personen som følger opp entreprenørene gjennom hele prosjektet for å sjekke at kravene som blir stilt, faktisk blir oppfylt. Her kan man i noen grad skyve deler av ansvaret over på byggeleiderne, men den komplette sjekken av modellen er det BIM-ansvarlig som må ta.

3.3.1 Utdanning/kompetanse

Som nevnt i avsnittet over trengs det kompetanse på byggherresiden for at man skal kunne stille BIM-krav, og for at man skal kunne følge opp at kravene er oppfylt. Det er ikke bare på byggherresiden BIM-kompetansen må være, den må være på entreprenørsiden også. For at man som entreprenør skal klare å oppfylle alle kravene som stilles må man ha personell med BIM-kompetanse. Utdanning og kompetanse vil bli gjennomgått mer i kapittel 3.5.1.3.

3.3.2 Programvare

Det finnes mange forskjellige typer BIM-programvare, noen typer programvare vil være viktig for alle aktører i et byggeprosjekt, mens andre kun vil være viktig noen få aktører i prosjektet. Felles for alle disse programvarene er at de støtter IFC, har mulighet til å vise modellen i 3D

og flesteparten av programmene støtter BIM Collaboration Format (BCF). I underkapitlene under vil det kort gjennomgå ulike typer BIM-programvare. Man trenger ikke alle disse typene programvare for å gjennomføre et BIM-prosjekt, men de fleste programvaretypene vil være gunstige å ha i et BIM-prosjekt.

3.3.2.1 Common data environment (CDE)

Prosjekthotell er noe de fleste i BAE-næringen i Norge har vært borti. CDE er egentlig bare den engelske forkortelsen for prosjekthotell. Prosjekthotellet er området hvor man deler filer og har generell samhandling i prosjektet. Dette er programvare som byggherre som regel er ansvarlig for. Under følger en liten liste over noen kjente CDE-er som har mulighet til å kobles til BIM som brukes i BAE-næringen:

- BIM360
- Bimsync
- Dalux Box

3.3.2.2 Database

Det finnes programvare som fungerer som en database hvor man kan lenke informasjon fra databasen til modellen. Denne programvaren kan også gå under navnet romfunksjonsprogram. I denne programvaren kan man standardisere hvordan man vil at prosjektet skal se ut. Man kan lage standardiserte romtyper som gjør at alle rom av gitt type skal inneholde den og den informasjonen og de og de objektene. Man kan nesten se på dette på lik linje som Figur 3.2 beskriver objekter, bare at man her har rom istedenfor. Dette er også programvare som byggherre som oftest er ansvarlig for å holde. Noen av de mest brukte databaseprogrammene er:

- dRofus
- Bimeye

3.3.2.3 Modelleringsprogramvare

Modelleringsprogramvare er den programvaren man bruker for å prosjektere i BIM-prosjekter. I disse programvarene tegner/modellerer man både i 2D og 3D og kan dermed produsere både tradisjonelle 2D plantegninger og 3D IFC-modeller. Dette er programvare som entreprenørene har ansvar for selv. Noen av de mest brukte modelleringsprogramvarene er:

- Revit
- Tekla Structures
- ArchiCAD

3.3.2.4 Parametrisk design

I tillegg til modelleringsprogramvare finnes det programvareutvidelser man kan benytte slik at man får automatisert repetitive oppgaver. Eksempler på slik programvare er:

- Dynamo
- Grasshopper

3.3.2.5 Modellsjekkingsprogramvare

Modellsjekkingsprogramvare er programvare som kan sjekke kollisjoner mellom de ulike modellene, sjekke toleranse kollisjoner, sjekke at informasjonen i modellene er i henhold til de kravene som er i prosjektet og så videre. Enkelte av disse programvarene kan også sammenstille alle modellene fra aktørene i prosjektet til en fil, slik at det er enkelt å sette opp for eksempel BIM-kiosker på byggeplass. Dette er programvare både byggherre og entreprenør bør ha. Noen eksempler på slik programvare er:

- Navisworks Manage
- Solibri
- BIMCollab
- Simplebim

3.3.2.6 Simuleringsprogramvare

Simuleringsprogramvare er programvare som kan simulere fremdriften i et BIM-prosjekt. Dette blir ofte omtalt som 4D-BIM. Hvis denne programvaren finnes i et prosjekt er det som oftest byggherre som har ansvar for det.

- Synchro
- Navisworks Simulate

3.3.2.7 Virtual reality (VR) programvare

VR-programvare er programvare som hjelper med å visualisere hvordan prosjektet blir seende ut. Dette er programvare hvor man ofte bruker VR-briller og får en følelse av å gå i modellen. Dette er en programvaretype som byggherre skaffer i et prosjekt hvis det er nødvendig eller ønskelig.

- Revizto
- Fuzor
- Dalux TwinBIM

3.3.2.8 Programvare i byggefase

I byggefase av prosjektet finnes det diverse programvare som kan være nyttig. På byggeplassen vil man finne BIM-kiosker hvor man kan manøvrere seg rundt i modellen og finne den informasjonen man trenger for å kunne bygge etter modell. BIM-kiosker og programvare i forbindelse med kioskene er det byggherre som står for. Typisk programvare i forbindelse med BIM-kiosker vil være:

- Solibri

I tillegg til dette kan det være gunstig for entreprenørene å ha programvare på mobil og/eller nettbrett hvor man kan se modellen, eventuelle plantegninger, sjekklister koblet opp mot modell og lignende. Noen av disse programvarene kan være:

- Dalux Field
- StreamBIM

- SiteVision

3.4 Filtyper

3.4.1 DAK filtyper

DAK filtyper forholder seg oftest i ett plan, slik at hvis man skal prosjektere et bygg med flere etasjer vil man ha en fil pr. etasje. Hvis man skal lage snitt/oppriss eller lignende har man ofte en egen fil for dette. Som nevnt tidligere i oppgaven er det ARK som ofte setter premissene for hele prosjektet, og de andre fagene må dermed importere de aktuelle ARK-filene inn i sitt prosjekt. Filtypen som brukes i tradisjonelle prosjekter er «.dwg.»

3.4.2 BIM-filtyper

Det finnes flere forskjellige BIM-filtyper, men vi kan dele dem inn i 4 kategorier: opprinnelige filer, IFC, sammenstilte filer og BCF.

3.4.2.1 Opprinnelige filer

Opprinnelige filer er filene som kommer direkte fra modelleringsprogramvaren, typiske eksempler på disse filtypene er «.rvt» (Revit opprinnelig filtype) og «.pln» (ARCHICAD opprinnelig filtype). Dette er filtyper man kan åpne med korrekt modelleringsprogramvare og endre direkte i programvaren. Det vil dermed ikke være mulig å åpne en «.rvt» fil i ARCHICAD eller en «.pln» fil i Revit.

3.4.2.2 IFC

IFC er en internasjonal åpen BIM-standard som gjør at man kan åpne en BIM i annen programvare enn modelleringsprogramvaren som ble brukt i utarbeidelsen av modellen. IFC-modeller kan dermed åpnes i all programvare som støtter IFC. I modelleringsprogramvaren eksporterer man modellen sin til IFC for å lage en IFC-fil.

IFC inneholder predefinerte typer, eller entiteter som de også er kjent som, slik at det vil være enkelt å kategorisere objektene. Samme logikk som blir vist i Figur 3.2 blir brukt i IFC. En dør vil bli kategorisert som «IfcDoor», og et vindu vil bli kategorisert som «IfcWindow».

En IFC-fil inneholder geometrien til objektene og informasjonen som er lenket til rette parameter i modelleringsprogramvaren. Kommer ikke til å gå inn på parameter mapping her, men for å si det kort er det ikke slik at all informasjon man tilegner objekter i modelleringsprogramvaren automatisk blir med i IFC-eksporten. Mye av den generelle informasjonen har en standard mapping i modelleringsprogramvaren, mens annen informasjon må man gjerne lage egne egenskapssett for å få med i IFC-eksporten.

Det er heller ikke slik at en IFC-fil er en IFC-fil, IFC-formatet er under stadig utvikling for å møte kravene som stilles fra bransjen. Pr. dags dato er det tre IFC-formater som har status som offisielle, disse er IFC2x3 TC1, IFC4 ADD2 TC1 og IFC4.3(zip) (buildingSMART International, 2022).

3.4.2.3 Sammenstilte filer

Sammenstilte filer er en sammenstilling av IFC-er fra alle aktørene i prosjektet. Disse sammenstilte filene fungerer dermed som en samhandlingsplattform hvor man eksempelvis kan sjekke kollisjoner mellom ulike aktører. Her er det også enkelt å oppdatere med nye revisjoner av IFC-ene når det trengs.

3.4.2.4 BCF

BCF blir av en fokusgruppe fra buildingSMART Norge definert slik: *“BCF er en utvekslingsstandard for felles kommunikasjon som bidrar til bedre samhandling med/uten modeller innen BAE-næringen. BCF muliggjør felles retningslinjer og ansvar for felles kommunikasjon mellom aktørene i prosessen. Gjennom egenskaper (metadata) kan man sortere, styre tilgang og ansvar, analysere dataflyt og spore historikk på ett aksjonspunkt”* (buildingSMART Norge, 2010). BCF muliggjør forskjellig BIM-programvare til å samhandle enten ved direkte import/eksport av BCF-filer eller ved bruk av BCF server. Sakene som blir laget i BCF vil inneholde visninger basert på IFC-koordinater og inneholde informasjon om de tilknyttede IFC-objektene (buildingSMART International, 2022).

3.4.2.5 Generelt

På lik linje som i tradisjonelle prosjekter vil øvrige aktører importere ARK-fil, oftest IFC, slik at man får sett bygningsmassen. Når man så eksporterer sin modell til IFC er det viktig at det kun er de objektene man har «eierskap» til som blir eksportert. Man må med andre ord passe på at importerte IFC-er, fra for eksempel ARK, ikke blir med i eksporten.

De to første kategoriene av BIM-filer inneholder hele prosjektet pr. fag. Det vil altså si at for alle aktører vil det være to BIM-filer. Figur 3.3 viser hvordan dette vil se ut for ARK og rådgivende ingeniør elektro (RIE).

Konvensjon	ARK	RIE
<ul style="list-style-type: none">•Fag_Projektnavn.opprinnelig fil•Fag_Projektnavn.IFC	<ul style="list-style-type: none">•ARK_Projektnavn.pln•ARK_Projektnavn.IFC	<ul style="list-style-type: none">•RIE_Projektnavn.rvt•RIE_Projektnavn.IFC

Figur 3.3 - Eksempel BIM-filer

I større prosjekter vil det være naturlig å dele filene opp i mindre områder, dette siden filene kan bli store og «tunge». Med store og «tunge» filer menes det at enkelte PCer og programvare ikke vil klare å åpne filene. For å unngå dette deler man altså prosjektene i mindre deler, eksempelvis bygg for bygg hvis man har et prosjekt med flere bygg. Da vil man følge samme konvensjon som i Figur 3.3, men man vil legge til informasjon om hvilken del av prosjektet filen gjelder.

Det at man i de opprinnelige filene har hele prosjektet, eller alle etasjer av det det gitte område hvis man deler prosjektet i flere filer, gjør at man enkelt kan lage plantegninger, oppriss/snitt og så videre, uten at man trenger å åpne en ekstra fil slik man må når man bruker DAK-programvare.

3.5 Digitalt veikart

I kapittel 1.1 blir det digitale veikartet til BNL nevnt, hvor visjonen er: *“En heldigitalisering av norsk BAE-næring innen 2025 skal sikre en konkurransedyktig, bærekraftig og seriøs næring”* (Byggenæringens Landsforening, 2017). Videre i dette kapittelet vil de fire forutsetningene og produktene beskrives.

3.5.1 Forutsetningene

3.5.1.1 Felles digital plattform

En felles digital plattform betyr ikke nødvendigvis at alle aktører i BAE-næringen skal bruke samme plattform i sine prosjekter, men at man uavhengig av programvarevalg skal kunne finne samme informasjon. Dette omhandler dermed å finne en felles digital struktur. Dette er noe BIM og de ulike IFC-formatene kan være med på å forme.

Statsbyggs BIM-manual 1.2.1 (SBM1.2.1) ble utgitt i 2013, altså 5 før rapporten fra BNL, og har blitt brukt som en «bransjemal» siden. I 2019 oppgraderte Statsbygg denne BIM-manualen til SIMBA1.2.1 (Statsbygg, 2022a). Den oppgraderte versjonen er helt lik SBM1.2.1 med det unntaket at den inneholder maskinvaliderbare filer slik at man kan sjekke at IFC-en er i henhold til IFC-formatet IFC2x3. Samme år SIMBA1.2.1 ble utgitt, ble også SIMBA1.3 utgitt. Dette er en utvidelse av SIMBA1.2.1 hvor det er kommet nye og omformulerte krav. Siden 2019 har Statsbygg intensifisert BIM arbeidet sitt og har utgitt enda en manual, SIMBA2.0, og har enda en manual som skal ut på høring juli 2022 (Statsbygg, 2022a). Statsbygg har definitivt vært med på å forme BIM-landskapet i Norge de siste ti årene, og er i aller høyeste grad med på å lage en felles digital plattform. For komplett liste over Statsbyggs BIM-manualer se Appendiks C.2.

3.5.1.2 Standarder, digitale lover og regler

Standard Norge er organet som i hovedsak fastsetter standarder i Norge. I Appendiks C.1 finner man en oversikt over de standardene som omfatter BIM, DAK eller begge deler. De ulike standardene har ulike formål. En kort oppsummering av noen av standardene kommer her:

- Klassifikasjon av byggverk
 - NS 3451 og NS3457-serien
- BIM-objekter for byggverk
 - NS 8360-serien
- Informasjonsforvaltning med BIM
 - NS-EN ISO 19650-serien

De nyeste standardene i dag er del 7, del 8 og del 9 av NS 3457-serien. Disse standardene er på mange måter en formalisering av Statsbyggs prosjektanvisning (PA) PA0802. Statsbyggs Tverrfaglige Merke System (TFM) blir oppdatert i disse standardene. Denne oppdateringen er laget på en slik måte at man tydelig ser at digitalisering er blitt et krav i BAE-næringen. Den «gamle» TFM-en, heretter kalt TFM, inneholdt ikke noen objektunik merking. Den inneholder kun objekttype merking, og det vil være en «T» helt på slutten av koden hvis det finnes flere objektforekomster av denne typen i prosjektet. I den nye NS-TFM, det den oppdaterte TFM-

en fra Standard Norge populært blir kalt, er det både objektunik og objekttype merking i samme streng. Felles for begge typene TFM er at det er et nummersystem som gjør "at byggets enkelte bestanddeler får en "kode" som følger hvert enkelt objekt som et slags "personnummer" gjennom hele byggets levetid" (Statsbygg, 2017). Sitatet fra Statsbygg her er en sannhet med modifikasjoner. TFM merkede objekter vil ikke ha et fullt personnummer, de vil kun ha de fødselsdatoen, altså de seks første sifrene av personnummeret. Mens NS-TFM merkede objekter vil ha et fullt personnummer med de 5 siste sifrene også. Den nye NS-TFM vil dermed sørge for at man får bedre kontroll på alle objekter i et byggeprosjekt.

3.5.1.3 Kompetanseutvikling

For at både byggherrer og entreprenører skal opparbeide seg kunnskapen som kreves for å håndtere BIM trengs det utdanning. Stadig flere utdanningsinstitusjoner tilbyr BIM som et fag man kan ta, men her er det oftest bygg og byplanlegging som har mulighet til å velge dette faget i sin utdanningsplan. Her bør muligens utdanningsinstitusjonene se på muligheten for å implementere BIM som valgfag innen andre ingeniørfaglige retninger også. Det finnes enkelte institusjoner som har årskurs innen BIM. For ingeniørene uten fagbrev har man NTNU som tilbyr dette, mens man for de med fagbrev har diverse fagskoler som tilbyr dette. Arkitekturutdanningene som finnes, har selvsagt emner som inneholder BIM. Alle disse utdanningene vil være til stor nytte både for byggherrer og entreprenører.

Det finnes også spesifikke kurs for de ulike BIM-programvarene som finnes. Disse vil også være til nytte for både byggherre og entreprenør, men her vil man ikke nødvendigvis gå i dybden på hvordan IFC fungerer. Dette er noe som er viktig for en BIM-ansvarlig, enten hos byggherre eller entreprenør, for å kunne stille og håndheve de krav som stilles i BIM-manualene.

En annen viktig faktor for kompetanseutvikling er at man som bransje bør skyve hverandre fremover, fremfor det å ha «virksomhetshemmeligheter» knyttet til hvordan man arbeider med BIM innad i virksomheten. Det bør være en åpenhet angående hvordan man arbeider med BIM og at man på denne måten bidrar til kompetanseutvikling i hele BAE-næringen.

3.5.1.4 Gevinstrealisering.

Gevinstrealisering henger mye sammen med siste avsnittet i kompetanseutvikling. Det må etableres digitaliseringsprosjekter hvor man tar med seg lærdom fra prosjektene og deler denne kunnskapen med resten av BAE-næringen. Dette kan gjøres ved at de som deltar på prosjektene utarbeider veiledere basert på erfaringer i prosjektene, på denne måten trenger ikke virksomheter å finne opp kruttet på nytt når de skal begynne å digitalisere seg.

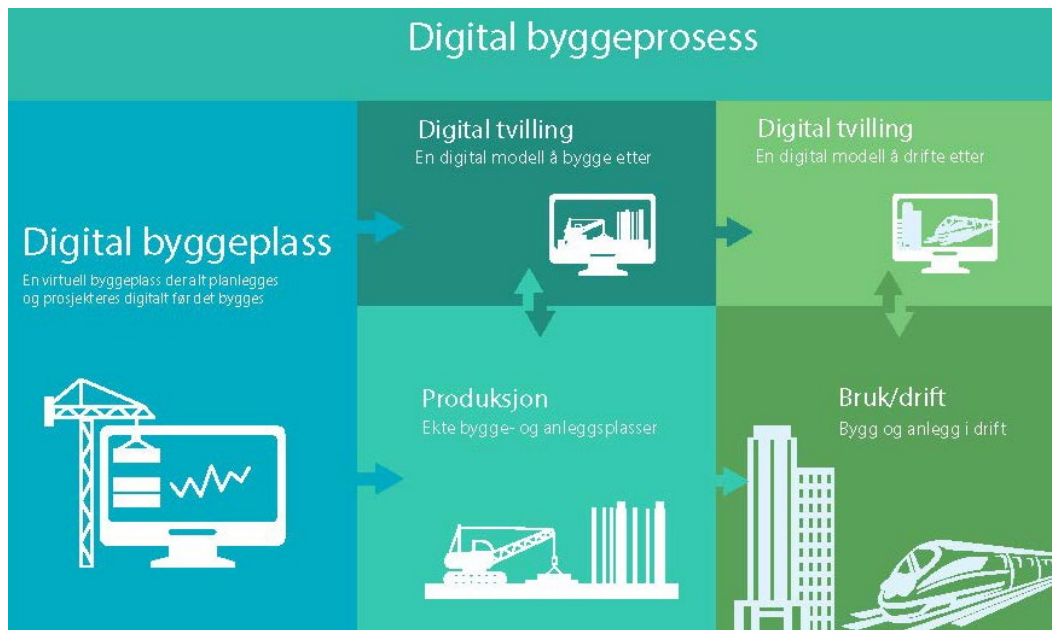
3.5.2 Produktene

3.5.2.1 Digital byggeplass

"Den digitale byggeprosessen starter på den "digitale byggeplassen" der alt planlegges og prosjekteres digitalt før det bygges." (Byggenæringens Landsforening, 2017)

BIM-prosjekter er i aller høyeste grad med på utviklingen av den digitale byggeprosessen. BIM er en essensiell del av den digitale byggeplassen. For at man skal kunne foreta tester,

simuleringer og analyser av det som skal bygges før man bygger det, må en BIM være på plass. I kapittel 4 vil det gjennomgå hvordan BIM kan brukes på diverse områder i et byggprosjekt.



Figur 3.4 - Digital byggeprosess (Byggenæringens Landsforening, 2017)

3.5.2.2 Digital tvilling

BIM-en det blir nevnt i delkapittelet over er den digitale tvillingen av bygget. Målet med den digitale tvillingen er at det skal være en digital eksakt replika av det fysiske bygget. For at man skal dra nytte av de testene, simuleringene og analysene man gjør i den digitale tvillingen, må man dermed bygge etter den digitale tvillingen. Som man kan se i Figur 3.4 skal den digitale tvillingen være en modell man kan både bygge og drifte etter.

I BAE-næringen har man benyttet seg av første delen av den digitale tvillingen, altså bygge etter modellen, i større eller mindre grad de senere årene. Bruk av digital tvilling i drift er derimot ikke like utbredt, men det er kanskje her den største gevinsten i bruk av BIM ligger. Stadig flere bygg inneholder sensorer av forskjellig karakter, hvis man får koblet dataen disse sensorene sender til BIM-en, kan man ved hjelp av data analyse enkelt optimalisere driften av bygget.

4 Data

4.1 Designmetode

4.1.1 Tradisjonell designmetode

I hovedsak når man designer ved hjelp av DAK-programvare tegner man streker i 2D som skal fremstille de objektene som finnes i prosjektet. ARK tegner streker som skal etterligne dører, vegger, vinduer og alt av objekter som naturlig faller under ytelsen. Det samme gjør de resterende av aktørene i prosjektet, slik at man til slutt ender opp med et komplett design av prosjektet. DAK-programvarene er såpass «avanserte» at man gjerne har predefinerte objekter slik at man slipper å tegne strek for strek, men objektene er såkalte «dumme objekter». Det vil si at de ikke inneholder informasjon i noen særlig grad utover den informasjonen objektets natur viser. I designprosessen stilles det krav til leverandørene at NS 8351:2010 – Byggetegninger (Standard Norge, 2010) skal følges, dette er en standard som beskriver hvordan lagdelingen i en DAK-fil skal være oppdelt. Følges denne standarden vil det være enkelt for både designer, entreprenør, og byggherre å vite hva hvert lag inneholder og enkelt styre om man vil at enkelte lag skal vises eller ikke.

I kapittel 3.4.1 ble DAK filtyper beskrevet, her ser man at man må ha en fil pr. etasje og en fil pr. oppriss/snitt man vil lage. Dette påvirker selvsagt hvordan man forholder seg i designprosessen også. Som øvrig aktør importere man ARK filene i de aktuelle filene sine, slik at man har «skallet» av bygget i sine egne tegninger. Dette vil altså si at man som ARK må tegne etasje for etasje i hver sin fil, og deretter lage en fil for opprisset av bygget. Her må det helst lages fire slik at man har oppriss av bygget fra alle fire himmelretninger.

Over beskrives hvordan man lager arbeidstegninger, og hvordan denne prosessen er. Det er mer enn kun arbeidstegninger som må utarbeides, lister med oversikt over utstyr, romlister, en- og flerlinjeskjema og lignende dokumentasjon må også lages. Til å utarbeide dette brukes det i stor grad Excel og annen programvare. Som man kan forstå vil dette bli tidkrevende da man må utarbeide både arbeidsunderlag og FDV-underlag i flere operasjoner.

Arbeidstegningene skal ikke kun inneholde objektene de skal forestille, de skal også inneholde informasjon om objektene de skal forestille. For å få til dette må man i DAK-programvaren manuelt skrive inn den informasjonen man vil ha pr. objekt, noe som er tidkrevende i større prosjekter. Den samme informasjonen man manuelt skriver til objektene, må gjerne gjentas i øvrig dokumentasjon som nevnt over.

4.1.2 BIM-designmetode

Når man designer ved hjelp av BIM-programvare plasserer man objekter fra et objektbibliotek i modellen. I hovedsak plasserer man disse objektene i 2D, men man må også velge hvilken høyde objektene settes inn i. Det at man her har må plassere objektene i Z-retning gjør at man pr. teori plasserer objektene i 3D også. Teknisk sett er plasseringsdelen av designmetoden ganske lik den man har i tradisjonelle prosjekter, men man har muligheten til å endre i Z-retning også. Det er informasjonsdelen av designmetoden som skiller DAK og BIM. I BIM har

man muligheten til å legge på den informasjonen man måtte ønske på objektene, både som instans og som type, denne muligheten har man ikke i DAK.

I kapittel 3.4.2 ble de ulike BIM-filtyperne beskrevet, og her ser man at en annen fordel for BIM er at man har hele prosjektet i den opprinnelige filen. Dette vil da si at man kun har en fil å forholde seg til, kontra flere filer slik det er i tradisjonelle prosjekter.

Direkte i modelleringsprogramvare kan man få oversikt over alt av objekter som er brukt i prosjektet, man kan lage romskjema, en-linjeskjema, kursfortegnelser, dørskjema og lignende dokumentasjon automatisk. Her sparer man med andre ord mye tid i motsetning til den tradisjonelle designmetoden.

Informasjonen som tilegnes objektene vil være lesbare i de forskjellige BIM-programvarene, på denne måten vil nødvendig informasjon være enkelt tilgjengelig for de som skulle trenge den.

På grunn av linkingen/integreringen mellom modelleringsprogramvare og øvrig BIM-programvare trenger man kun å skrive inn informasjon som er ønsket på objekter en gang, enten dette er direkte i modelleringsprogramvaren eller i en av de øvrige BIM-programvarene. Dette vil igjen være tidsbesparende da man i tradisjonell designmetode ofte må skrive denne informasjonen på flere forskjellige plasser

I BIM-prosjekter er man som nevnt avhengig av gode BIM-manualer fra prosjektherre slik at BIM-leveransen blir slik byggherre trenger at den skal være. Statsbygg og Standard Norge har i de senere år jobbet godt og fått på plass både gode manualer og standarder for å sikre gode BIM-leveranser.

4.2 Tverrfaglig kontroll /kollisjonskontroll

4.2.1 Tradisjonell tverrfaglig kontroll

I prinsippet vil det være vanskelig å foreta en kollisjonskontroll før bygging i tradisjonelle prosjekter. Det vil være mulig med hjelp av akser og manuell tegningssammenligning å foreta en kollisjonskontroll, men funnene vil imidlertid ikke tilsi at det er en reell kollisjon da objektene kan befinne seg på ulike høyder. I samhandlingsmøter kan man bruke funnene av «kollisjoner» til å fastsette hvilken høyde de ulike objektene skal ha, slik at man unngår kollisjoner på byggeplass. Ofte vil det ikke bli foretatt noen grundig kollisjonskontroll i forkant, eventuelle kollisjoner vil bli håndtert på byggeplass. Større objekter slik som kabelbaner, ventilasjonskanaler og rør vil bli avklart på forhånd i samhandlingsmøter, men også her kan man støte på kollisjoner.

4.2.2 Tverrfaglig kontroll med BIM

I BIM-prosjekter har man mulighet til å foreta tverrfaglige kontroller i modellsjekkingsprogramvaren. Disse tverrfaglige kontrollene kan være i form av direkte kollisjonskontroller, «myke» kollisjoner eller regelsjekker. Som nevnt i kapittel 3.3.2 benytter man seg av IFC i modellsjekkprogramvaren, og for å gjøre det enklere å foreta flere kontroller vil man lagre alle IFC-ene i en sammenstilt fil.

Kollisjonskontroll er en kontroll som sjekker direkte kollisjon mellom objekter i prosjektet. Ved å aktivt benytte seg av kollisjonskontroller i prosjekteringsfasen vil man luke vekk mulige kollisjoner som ville kommet på byggeplass hvis disse kontrollene ikke var blitt tatt. Prosedyren ved kollisjonskontroll er ofte at man sjekker fag mot fag, eksempelvis har man en kollisjonskontroll mellom ARK og RIE, og en annen mellom ARK og rådgivende ingeniør rør (RIR). Finner man kollisjoner vil det sendes ut en BCF til de aktørene som berøres av kollisjonen, og gjerne med en «eier» som må fikse kollisjonen. Typisk her er at personen som foretar kollisjonskontrollen bruker skjønn og tilegner BCF-en til den aktøren som mest sannsynlig bør flytte objektet sitt.

Med «myke» kollisjoner menes kollisjoner som ikke er direkte kollisjoner mellom objekter, men som vil bli oppfattet som en kollisjon. Eksempel på dette kan være hvis man plasserer et markeringslys i himling ved en dør. Her vil man ikke få en direkte kollisjon mellom døra og markeringslyset, men hvis markeringslyset stikker så langt ned at det vil kollidere med slaget på døra, så vil man ha en «myk» kollisjon.

Det er også mulighet å foreta regelsjekker. Det kan være alt fra sjekk om informasjonen i modellene er korrekt, til regelsjekker for å sjekke at prosjektering er i henhold til de regler og standarder som finnes. Et eksempel på en slik regelsjekk kan være at det sjekkes avstand mellom røykdetektorer og vegger. Hvis en røykdetektor er nærmere veggen enn en halv meter vil man få en «feilmelding» på disse to objektene som har blitt flagget i regelsjekken. Denne «feilmeldingen» vil deretter bli tilegnet RIE og sendt til aktøren via BCF.

Prosjekterende kan også foreta egne tverrfaglige kontroller direkte i modelleringsprogramvaren, forutsetningen for dette er at man modellerer i samme modelleringsprogram slik at man enkelt kan importere andre modeller inn i modellen sin. I programvaren kan man enkelt kjøre en kollisjonskontroll og man kan dermed flytte egne objekter hvis det er aktuelt, eller sende en BCF til den aktøren det måtte gjelde.

4.3 Samhandling i prosjektet

4.3.1 Tradisjonell samhandling

Tradisjonelt har kommunikasjon mellom ulike aktører i et prosjekt foregått direkte i møter, over telefon og pr. e-post. I møter kan det være flere aktører til stede, men det kan også være særmøter mellom enkelte aktører. Det som kjennetegner kommunikasjonen i tradisjonelle prosjekter er at den ofte kun er en til en, og at det dermed ikke er sikkert at alle aktørene i prosjektet får den informasjonen de trenger til det tidspunktet de trenger den.

Et eksempel på dette kan være at RIE etterspør himlingsplan fra ARK, slik at elementene kan plasseres korrekt i den tiltenkte himlingen. ARK vil deretter sende RIE den etterspurte himlingsplanen, uten at det er noen automatikk i at andre aktører som skal ha elementer i himlingsplanen mottar denne. De øvrige aktørene får dermed ikke mulighet til å innrette seg etter himlingsplanen, hvis ikke dette oppdages tidlig, kan det få konsekvenser for både fremdrift og økonomi i prosjektet.

Figur 4.1 viser hvordan kommunikasjon og informasjonsdeling er mellom de ulike aktørene i et tradisjonelt prosjekt.



Figur 4.1 - Tradisjonell samhandling (British Standard Institution, 2000)

Prosjekthotell har vært en del av prosjektene i BAE-næringen en god stund nå, men for at et projekthotell skal fungere best mulig forutsetter det at aktørene laster opp alle de nødvendige dokumentene på projekthotellet, og at de ikke sender dokumenter på e-post uten å laste opp til projekthotellet også. Her kan man dra en parallell til likebehandlingsprinsippet i § 4 i Lov om offentlige anskaffelser (Anskaffelsesloven, 2017). For å sikre likebehandling må anskaffer sørge for at alle tilbydere får tilgang til samme informasjon (Direktoratet for forvaltning og økonomistyring, 2021). Hvis alle aktører laster opp nødvendig informasjon, vil dermed likebehandlingsprinsippet bli oppfylt og suksessraten for prosjektet kan øke.

4.3.2 BIM-samhandling

Samhandling i BIM-prosjekter foregår i stor grad digitalt, hvor BCF er formatet som brukes. Det er en fordel at prosjektet har et digitalt projekthotell med støtte for BCF. Da vil kommunikasjonen i prosjektet i stor grad se ut som i Figur 4.2, hvor CDE er det digitale projekthotellet. Ut ifra denne figuren kan man også se at BIM-samhandling etterstreber

likebehandlingsprinsippet. Med en gang en endring er foretatt, vil alle aktører i prosjektet ha tilgang til nyeste versjon.



Figur 4.2 – BIM-samhandling (Scottish Futures Trust)

Som nevnt over i kapittel 4.2.2 vil man ofte fokusere på fag mot fag når man foretar kollisjonskontroller. Mye av grunnen til at man gjør det på denne måten er at BIM-koordinator da enkelt kan tilegne kollisjonene til den aktøren det måtte angå. Hvis det eksempelvis en kollisjon mellom et lys og en vegg, vil RIE være aktøren som vil få beskjed om å flytte lyset slik at de ikke kolliderer lenger.

4.4 Utskrift

4.4.1 Tradisjonell utskrift

I tradisjonelle prosjekter benytter man i stor grad fysisk utskrift av PDF som arbeidsunderlag. I et prosjekt med flere entrepriser vil det dermed bli ekstremt mange utskrifter å holde styr på. Her er det viktig at det er god papirkontroll i prosjektet, hvis ikke vil man ha problemer i driftsfase med å vite hva som er hvor.

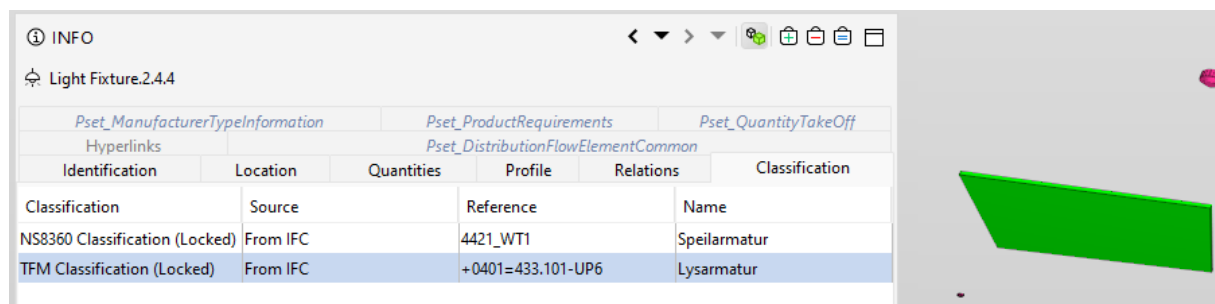
Hvis man eksempelvis tar RIE, som har 65 tresifret-bygningsdelsnummer inndelinger i henhold til NS 3451 (Standard Norge, 2009), her er det kun 4 – Elkraftinstallasjoner og 5 – Tele og automatisering som er talt. Denne tresifrede inndelingen har bred konsensus i BAE-næringen og blir brukt i de aller fleste prosjekter. Hvis man da skal ha en tegning pr. tresifrede bygningsdelsnummer pr. etasje, pr. revisjon vil man få sekstifem ganger antall etasjer ganger

4.4.2 BIM-utskrift

I BIM-prosjekter bruker man IFC som «utskriftstype», og kan supplere med plantegninger i PDF-format dersom man ønsker det. For RIE vil det ofte bli benyttet en kombinasjon av IFC og PDF da kabling ikke blir eksportert i IFC. I henhold til dokumentasjonskrav er det viktig å vite hvor kablene går, og dermed er man nødt til å benytte plantegninger for å vise dette.

I 2018 innførte Statsbygg et kontraktskrav om papirløse byggeplasser (Byggeindustrien, 2018). Dette kravet ble satt for å «tvinge» BAE-næringen til å bli mer digital og utnytte potensialet til BIM. Tradisjonelle A0 tegninger er i større grad blitt erstattet med BIM-kiosker og nettbrett. En BIM-kiosk er i prinsippet en PC med BIM-viewer utplassert på byggeplass som arbeidere kan bruke for å se og bygge etter modellen.

I kapittel 4.1.2 nevnes det at informasjonen som blir tilegnet objekter vil være mulig å finne ved hjelp av BIM-viewere. Dette vil dermed føre til at man enkelt vet hvor man eksempelvis finner TFM koden til hvert objekt, uten at det trenger å bli uoversiktlig på en papirtegning. Se Figur 4.5 under, her ser man at TFM koden ligger på det objektet som er trykket på i BIM-vieweren, i dette tilfellet en lysarmatur merket med grønt.



Figur 4.5 - TFM i BIM-viewer, hentet fra prosjektarbeid forfatter utførte i faget BIM1023 ved NTNU

4.5 Endringer

4.5.1 Tradisjonelle endringer

I DAK-programvaren foretar man endringer ved at man fjerner og/eller legger til streker som skal forestille objektet man tegner. Disse endringene kan enkelt markeres med revisjonsskyer, da vil det være enkelt å se på en tegning når den har blitt endret og hvilke endringer som er blitt gjort. Dette forutsetter enten at man har en DAK-fil pr. revisjon, eller at man har en revisjonslogg på PDF-ene som skrives ut.

Endringer som gjøres på byggeplass vil bli gjort av arbeidere med en såkalt «red-markup». En «red-markup» er at man i prinsippet marker på den fysiske tegningen hvor endringene er blitt gjort. Disse fysiske tegningene med «red-markup» vil så bli gitt til DAK-ansvarlig for det aktuelle fagfeltet, og vil deretter bli implementert i DAK-filene med samme metodikk som beskrevet over.

4.5.2 BIM-endringer

Hvis man i et BIM-prosjekt benytter seg av arbeidstegninger, vil man benytte samme metodikk som beskrevet over for tradisjonelle endringer. Benytter man seg kun av modell trenger man i prinsippet ikke å markere noe angående endringer. Disse endringene vil bli plukket opp når

man sammenligner den nyeste IFC-versjonen med den foregående. Her vil det også være mulig å automatisk legge til endringsdato på et objekt, slik at det vil bli mer synlig når objektet er blitt endret.

4.6 Egenkontroll og mengdeuttak

4.6.1 Tradisjonell egenkontroll og mengdeuttak

Mengdeuttak er i utgangspunktet ikke noe som blir gjort direkte i DAK programvaren. Dette er prosesser som må gjøres manuelt, eksempelvis ved å telle objekter eller måle lengden av objekter.

Egenkontroll har tradisjonelt vært i form av sjekklister på Excel og/eller på papir. Disse sjekklistene fyller man så ut etter hvert som man har utført arbeidet som står på sjekklisten.

4.6.2 Egenkontroll og mengdeuttak med BIM

Det er nevnt tidligere i oppgaven at man i modelleringsprogramvaren kan lage ulike lister for å få kontroll over mengder i prosjektet. Disse listene kan da brukes til mengdeuttak og dermed brukes til bestilling av utstyr. Det er også mulig å foreta mengdeuttak fra den sammenstilte modellen. Dette kan være nyttig i entrepriser hvor man kun skal levere utstyr.

I BIM-prosjekter har man mulighet til å legge til sjekklister direkte på objekter, dette fører til at man får god sporbarhet på når ting er blitt gjort og hvem som har gjort det. Det vil også være synlig hva som eventuelt ikke er blitt fylt ut i sjekklistene. Sjekklistene vil dermed fungere som en egenkontroll for entreprenørene og som en kvalitetskontroll for byggherre. Det finnes programvare i byggefase, som nevnt i kapittel 3.3.2.8, hvor man får sjekklistene direkte i programvaren på nettbrett eller mobil. På denne måten vil det være enkelt for de som utfører arbeidet å huke av i programvaren at det er blitt gjort.

For enkelte aktører vil det være aktuelt å foreta laserscanning av bygget som en egenkontroll. Det vil også være mulig for byggherre å foreta laserscanning av bygget som en kvalitetskontroll. Laserscanningen vil da bli sammenlignet med digitale tvillingen. Eventuelle avvik vil bli sendt videre til aktuell aktør via BCF.

4.7 Fremdrift

4.7.1 Tradisjonell fremdrift

Fremdrift i tradisjonelle prosjekter blir typisk planlagt i Excel eller lignende programvare i form av GANTT-diagram. Her vil man da ha tid, oftest uker i Y-aksen og arbeidsoppgaver i X-aksen. Detaljgraden kan variere i regnearkene, både i Y-aksen og X-aksen. På X-aksen kan man ha alt fra en overordnet fremdriftsplan hvor det er en rute pr aktør, til en detaljert fremdriftsplan hvor en rute i arket er en arbeidsoppgave for et fag.

For å sjekke at fremdriftsplanen blir fulgt vil det være byggeledere som går rundt på byggeplass og sjekker hvordan det fysisk ser ut. Det vil også være normalt at aktørene melder inn hvis de ser at det vil bli problemer med å overholde fremdriftsplanen.

4.7.2 BIM-fremdrift

Metodene for både planlegging og sjekking av fremdrift som er nevnt over, blir også brukt i BIM-prosjekter. Det som skiller BIM-fremdrift fra tradisjonell fremdrift er at man har mulighet til å bruke simuleringsprogramvare for å simulere fremdrift i et BIM-prosjekt.

Det er nevnt tidligere i oppgaven at man kan legge til informasjon på objekter i et BIM-prosjekt. Noe av informasjonen man legger på objektene kan dermed være når i prosjektets fremdriftsplan objektene skal monteres. Ved hjelp av denne informasjonen kan man visuelt lage en fremdriftsplanmodell, også kjent som 4D-BIM. Dette vil i praksis si at man ved hjelp av animasjon kan lage en fremstilling av hvordan fremdriften i prosjektet vil se ut. Dette kan også være med på å oppdage eventuelle logistikk problemer som kan oppstå. For eksempel vil man kunne oppdage at ventilasjonsaggregatet må inn i bygget før vegg X reises.

I kapittel 4.6.2 beskrives hvordan man kan bruke lister til å foreta mengdeuttak som igjen kan brukes til bestilling av utstyr. Hvis man i prosjektet har satt informasjon på objektene om når i fremdriftsplanen objektene skal monteres, kan man bestille det aktuelle utstyret til når det trengs på byggeplassen.

Laserscanning er blitt nevnt som en mulig måte å foreta kvalitetskontroll for byggherre. Her er det også mulig å bruke samme laserscanning for å sjekke at aktuell fremdrift samstemmer med planlagt fremdrift.

5 Resultater

5.1 Generelt

I de to foregående kapitlene er det teoretiske rammeverket og dataene fra litteraturstudien beskrevet. I dette kapitlet vil det belyses hvilke fordeler og ulemper byggherre og entreprenør har med bruk av BIM. Kapitlet vil være strukturert slik at byggherres merverdi og ulemper vil bli belyst først, deretter entreprenørens merverdi og ulemper.

5.2 Byggherre

5.2.1 Merverdi med bruk av BIM

5.2.1.1 Kontroll

Ved bruk av digitalt prosjekthotell vil byggherre få samlet alt av informasjon om prosjektet og all kommunikasjon som har foregått i prosjektet på et sted. Dette kan være alt i fra dokumenter i forbindelse med kontraktsinngåelse, til avvik på byggeplass. Det vil være sporbarhet i hvorfor beslutninger er tatt og hvem som er de(n) ansvarlige part(er). Man kan si som Kjell Ivar Bakkmoen gjorde på sykehusbyggkonferansen 12. november 2018 *“Én pasient, en pasientjournal. Én bygning, én modell / bygningsjournal”* (Bakkmoen, 2018). Prosjekthotellet vil altså på mange måter fungere som en bygningsjournal, på lik linje som at hver person har en pasientjournal. Det vil også være enkelt å søke opp komponentene ved hjelp av «personnummeret» hvert objekt vil bli tildelt i form av TFM koder, enten det er TFM eller NS-TFM.

Kontrollen man vil få over bygningen vil være gunstig for drift og vedlikehold av bygningen. Det vil være mulig å legge til vedlikeholds intervall på objektene, slik at man får beskjed om når objektene må vedlikeholdes. Informasjon på objektene kan også brukes til «oppfriskning» av bygningen, eksempelvis hvis man trenger maling for malingen har falmet på en vegg. Da kan man bare trykke på veggen i modellen og man vil få opp hvilken type maling som er brukt, leverandøren av malingen og så videre.

I større bygg hvor man gjerne har ulikt underlag på gulvet kan modell og/eller det digitale prosjekthotellet brukes til å lage en detaljert vaskeplan til renholdspersonell. Hvordan dette faktisk gjøres er helt opp til byggherre, men alt starter med informasjon på objektene eller informasjon på rommene.

Bygg som bygges i dag inneholder stadig mer sensorer og elementer som oppfatter og sender data. Hvis man kobler denne dataen opp mod den digitale tvillingen vil man kunne få en oversikt over bygget man ikke har sett maken til. Informasjonen vil man kunne se i både sanntid og i et historisk perspektiv. På denne måten kan man optimalisere driften av bygget, enten det er i form av energiberegninger, fjernstyring eller lignende.

5.2.1.2 Visualisering

Som byggherre har man kanskje en visjon om hvordan prosjektet skal se ut når det er ferdig, men det er ikke alltid like lett å vite om visjonen stemmer med det produktet man faktisk får

når alt av dokumentasjon i planleggingsfasen er i 2D. Med bruk av BIM har man muligheten til å manøvrere seg rundt i modellen og kan dermed se om visjonen stemmer med hvordan prosjektet er prosjektert.

Visualiseringen gjelder ikke kun estetiske formål, men kan gjelde bruksformål også. Ved hjelp av visualisering kan alle som kommer til å være påvirket av prosjektet komme med innspill til hvilke endringer som kan bli gjort for å øke brukervennligheten av arealene. Hvis prosjektet eksempelvis er et sykehus, kan de ansatte komme med sine preferanser på hvordan ting bør se ut. Her er det også mulig å benytte seg av VR-teknologi slik at leger/sykepleiere «fysisk» kan stå i modellen og teste ut funksjonaliteten. Da kan det fort hende at man finner ut at i denne operasjonssalen var det for liten plass, eller motsatt at den var for stor og at det var for stor avstand til apparatene som skal bli brukt.

5.2.1.3 Miljøvennlig

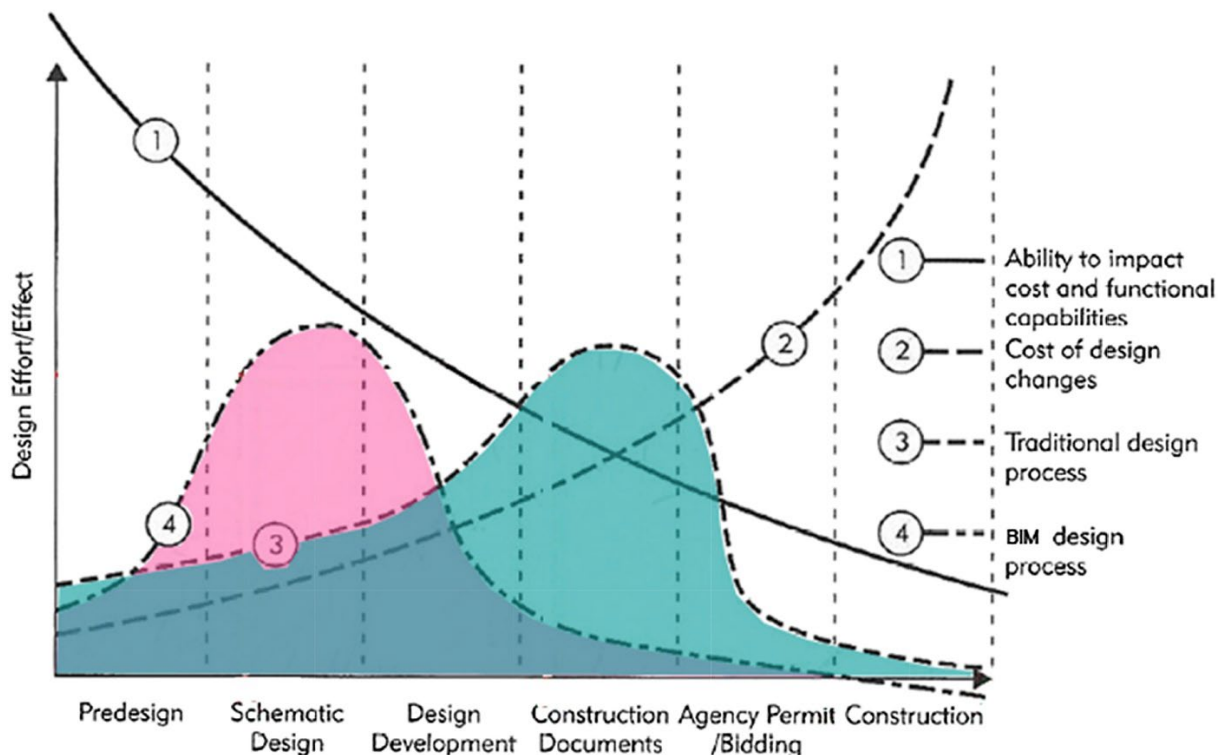
Med bruk av BIM, og mer spesifikt heldigitale byggeplasser kan man minke papirbruken betraktelig. Man vil gå fra flere hundre papirtegninger pr. revisjon til null papirtegninger. BIM-teknologi muliggjør også prefabrikking i større grad enn tidligere. Det vil da si at man kan bestille hele deler eller moduler som man setter opp på byggeplassen. Denne prefabrikkingen vil også minske svinnet på byggeplassen. Svinn på byggeplass vil også bli redusert ved at man i BIM-prosjekter har mulighet til å optimalisere utstyrsbestilling og at man utfører kollisjonskontroller. Hvis det oppstår en kollisjon på byggeplass må disse rettes opp i, noe som ofte vil føre til unødvendig utskiftning av materialer.

Det blir nevnt over at BIM kan være med på å optimalisere driften av bygg. Denne optimaliseringen vil også være miljøvennlig, da man i optimaliseringen vil minke den totale energibruken til bygningen.

Ved bruk av BIM i prosjekter vil man ha tilgang på hvilke materialer som er brukt. Denne informasjonen kan bli benyttet i rehabilitering eller rivning av bygningsmassen. Informasjonen kan bidra til økt gjenbruk og resirkulering av både komponenter og materialer.

5.2.1.4 Økonomi

Ved hjelp av manøvrering i BIM og visualisering kan som nevnt byggherre og andre aktører i prosjektet komme med innspill til endringer som kan/bør bli gjort. Disse innspillene vil komme tidlig i et BIM-prosjekt, ofte også før selve byggingen er begynt. Dette vil være med på å holde kostnadene i prosjektet nede på et minimumsnivå. I Figur 5.1 kan man se at endringer i prosjektet er mindre kostbart des tidligere i prosjektet endringene blir gjort. Den optimaliserte utstyrsbestilling som er mulig ved hjelp av BIM vil også være med på å holde kostnadene i prosjektet nede.



Figur 5.1 - Time-effort kurve, utarbeidet fra MacLeamy (2004) (Lu, Fung, Peng, Liang, & Rowlinson, 2014)

Det å optimalisere driften av bygg ved hjelp av BIM vil selvsagt være med på å redusere kostnader for byggherre i det lange løp. Som nevnt over vil optimalisering minke den totale energibruken til bygget, noe som igjen er med på å redusere energikostnadene byggherre har. Med de energipriser og det politiske klimaet som er i dag er det ingen tvil om at optimalisering av bygg vil være svært kostnadsbesparende og aktuelt i fremtiden.

Med bruk av BIM vil det være mulig å redusere tidsbruken i prosjekt, men dette forutsetter at man har prosjektert hele prosjektet før man tar første spadestikk. Kollisjoner på byggeplass kan i verste fall kan være med på å forskyve hele fremdriftsplanen til prosjektet. I BIM-prosjekter vil det forekomme mindre kollisjoner på byggeplass, noe som igjen vil føre til mindre risiko for forskyvninger i fremdriftsplan. Det sies at tid er penger. Hvis man dermed klarer å minimere tiden man bruker på prosjektet, uten at det går utover kvaliteten, vil byggherre kunne få en økonomisk gevinst som følger av dette.

5.2.2 Ulemper med bruk av BIM

5.2.2.1 Opplæring

For å beherske BIM og BIM-prosjekter er det essensielt med opplæring. Dette vil innebære ekstensiv opplæring for enkelte, og simpel opplæring for andre. Det som er viktig er at man behersker de BIM-programvarene man skal bruke.

5.2.2.2 Utarbeiding av dokumenter

Utarbeiding av dokumenter er for så vidt ikke noen ulempe i noen virksomheter. Det som er en ulempe her, er at dokumentene som må utarbeides krever BIM-kompetanse. Det må lages maler og prosedyrer for hvordan virksomheten har tenkt til å bruke BIM, og gjerne

opplæringsdokumenter i de BIM-programvarene virksomheten bruker. I tillegg til generell dokumentasjon må byggherre utarbeide BIM-dokumentasjon for hvordan BIM-leveransene i deres prosjekter skal se ut. Det er byggherre som setter premisene for hvordan BIM-leveransen blir seende ut. Disse dokumentene må utarbeides av personell med BIM-kompetanse hos byggherre, eller utarbeides i samråd med innleid personell med BIM-kompetanse.

5.2.2.3 Økonomi

Som byggherre kreves det at man har tilgang til de programvarene man trenger i hele byggets levetid. Prosjekthotell vil være med bygget i hele levetiden, da det er her all informasjon om bygget ligger. Denne programvaren er selvsagt ikke gratis, med mindre man har utviklet et prosjekthotell selv, betalingsformen kan variere fra månedlig betaling til en engangssum for bruk av tjenestene. Selv om man betaler en engangssum, vil man ofte ha årlige vedlikeholdskostnader i programvaren.

Det vil også være en del kostnader tilknyttet opplæring av personell for byggherre. Dette kan være alt fra personell som er med i byggherreorganisasjonen i prosjektet, til driftspersonell som skal forvalte bygningen og den digitale tvillingen i driftsfasen.

Det vil selvsagt være kostnader i forbindelse med utarbeiding av de BIM-dokumentene som trengs som byggherre, enten dette er kostnader innad hos byggherre eller i form av innleid personell.

5.3 Entreprenør

5.3.1 Merverdi med bruk av BIM

5.3.1.1 Kontroll

Som entreprenør vil man oppleve bedre kontroll i BIM-prosjekter. Direkte i modelleringsprogramvaren har man mulighet til å lage og få oversikt over blant annet:

- Utstyrliste, til utstyrbestilling
- Diverse nødvendige skjemaer (Dørskjema, En-linjeskjema og lignende)
- Romskjema, med oversikt over objektene man har i hvert rom
- TFM-skjema, oversikt over TFM-merkingen av samtlige objekter i prosjektet

Denne typen lister er noe man manuelt har måttet lage i tradisjonelle prosjekter. I BIM-prosjekter får man listene mer eller mindre automatisk, noe som vil være tidsbesparende. Man får egentlig full kontroll over hele prosjektet, på en plass med bruk av BIM. Dette vil gjøre det enklere og mer tidsbesparende når man skal utarbeide FDV-dokumentasjon også. Prosjekteringen vil over det jevne være mer effektiv i BIM-prosjekter.

Med bruk av programvare som støtter sjekklister koblet opp mot BIM vil man få en enklere måte å dokumentere hva man har gjort. Dette er dokumentasjon som skal foreligge, og med bruk av nevnte programvare vil man være ett klikk unna å eksportere komplette sjekklister til FDV-dokumentasjon.

I modelleringsprogramvaren vil det også være muligheter for å kjøre diverse analyser for å optimalisere modellen (og dermed det fysiske bygget) og for å sjekke at det som er prosjektert er i henhold til de standarder og lover som finnes. For rådgivende ingeniør ventilasjon (RIV) vil det eksempelvis være mulig å gjøre analyser av ventilasjonsanlegget slik at man får dimensjonert ventilasjonskanalene korrekt.

5.3.1.2 Visualisering

I BIM-prosjekter vil man få en helt annen oversikt over hvordan prosjektet blir seende ut ved hjelp av visualisering, både direkte i modelleringsprogramvare og i programvare med BIM-viewer. Denne visualiseringen kan hjelpe entreprenørene til å oppdage detaljer som muligens ikke ville vært mulig i tradisjonelle prosjekter. Et eksempel på dette kan være at man ved hjelp av visualisering kan oppdage at det er glassfelt over en dør, og at det dermed ikke vil være mulig å ha noen elektrotekniske komponenter i glassfeltet. Det er klart at informasjon om glassfelt over dør kunne man skaffet seg i tradisjonelle prosjekter også, men her ser man det med en gang man sjekker modellen og vil dermed automatisk vite at ingen komponenter kan plasseres over døra.

Visualiseringen hjelper ved at informasjon som ikke ville vært lett tilgjengelig i tradisjonelle prosjekter blir synlige i BIM-prosjekter. Visualiseringen vil dermed hjelpe entreprenøren til å fatte korrekte beslutninger i prosjekteringen.

5.3.1.3 Miljøvennlig

Tidligere i oppgaven ble det skrevet at BIM vil være en av faktorene for at byggeplasser og bygg i fremtiden kan bli mer miljøvennlige. For at byggherrene skal få denne miljøgevinsten i prosjektene og byggene sine, kreves det at entreprenørene prosjekterer i BIM. Hvilke miljøgevinster hver entreprenør får kommer helt an på hvilket fag entreprenøren tilhører. Det som er felles for samtlige aktører er at man ved hjelp av BIM kan være med på å redusere svinn i prosjekter, som igjen vil være en miljøgevinst i seg selv.

5.3.1.4 Økonomi

Fra en entreprenørs perspektiv, eller rettere sagt fra virksomhetseierens perspektiv, vil man spare mye penger på effektiviteten BIM medfører. Arbeidsoppgaver som gjerne ble gjort både to og tre ganger tidligere, vil i BIM-prosjekter kun bli gjort en gang. Og hvis endringer må bli gjort, trenger man bare å endre en plass, i motsetning til flere plasser slik tilfellet vil være i tradisjonelle prosjekter.

Effektiviteten BIM tilfører prosjekter og det faktum at BIM kan være med på å forkorte byggetiden på prosjekter, kan føre til at entreprenører har mulighet til å påta seg flere oppdrag. Des flere oppdrag en entreprenør klarer å skaffe seg, des mer økonomisk gevinst vil det som oftest være for dem.

5.3.2 Ulemper med bruk av BIM

5.3.2.1 Opplæring

Som entreprenør vil det være viktig å ha god kunnskap til BIM og kanskje spesielt IFC. Man må vite hvordan en IFC-fil fungerer for å kunne eksportere informasjonen man ønsker på korrekt plass. Denne kunnskapen vil dermed kreve opplæring. Det er ikke nødvendigvis alt av personell som trenger denne inngående IFC-kunnskapen, prosjektledere og BIM-ansvarlig hos entreprenørene vil være de som trenger dette. Arbeidere på byggeplass trenger kun å vite hvordan man manøvrerer seg i BIM-viewerene og hvordan man finner nødvendig informasjon for å bygge korrekt. For entreprenørene vil det også være viktig å ha god kunnskap innen modelleringsprogramvaren man bruker. Denne kunnskapen vil nok i førsteomgang komme i form av opplæring og kurs hos leverandører av programvaren. Etter hvert som kompetansen er bra i virksomheten og de ulike BIM-dokumentene er på plass, vil man kunne drive opplæring internt i virksomheten.

5.3.2.2 Utarbeiding av dokumenter

Det er ikke bare byggherrer som må utarbeide BIM-dokumenter, entreprenører må også gjøre dette. Entreprenørene slipper å lage BIM-dokumenter som omhandler hele prosjekter, men må til gjengjeld utarbeide mal-filer i modelleringsprogramvaren. Arbeider med utarbeiding av mal-filer er krevende arbeid, og mal-filen vil være i kontinuerlig endring. Endringene vil komme som et resultat av oppdaterte versjoner av modelleringsprogramvare, eller at man finner en lur måte å løse noe på når man arbeider med et prosjekt. I tillegg til å lage mal-filer bør man også ha en BIM-veiledning i virksomheten slik at man har en virksomhetsstandard på hvordan BIM-leveranser blir utført.

5.3.2.3 Endringer

For entreprenører som arbeider i en utførelsesentreprise, entreprise der rådgivende ingeniører tar seg av prosjektering og entreprenørene tar seg av utførelsen, kan det være vanskelig å oppdage endringer som blir gjort mens prosjektet pågår. I denne entrepriseformen vil det være gunstig med tradisjonelle endringer. Det vil være enklere å holde styr på endringer sort på hvitt på en papirtegning i henhold til revisjonslogg, kontra det å holde styr på endringer i modell. Teknisk sett vil det være enkelt å holde styr på endringer i BIM også, men med bruk av BIM-kiosker på byggeplass vil det være vanskelig for utførende entreprenør å vite hva som er endring og som man dermed kanskje skal ha ekstra betalt for, og hva som ikke er endring.

5.3.2.4 Økonomi

Det blir nevnt over at det økonomisk kan være en ulempe med BIM-programvare for byggherre, det samme vil gjelde entreprenører også. Entreprenørene har ikke kostnader gjennom hele byggets levetid, men vil ofte ha årlige kostnader i forbindelse med all BIM-programvaren som trengs for å være med i BIM-prosjekter. For mindre virksomheter kan anskaffelse av BIM-programvare virke veldig kostbar i forhold til nytteverdien, og det vil ta tid før man får en økonomisk gevinst for investeringen.

For entreprenører vil det på lik linje som byggherrer være en kostnad i forbindelse med opplæring. Forskjellen her er at man som entreprenør ikke nødvendigvis trenger å mestre like mange forskjellige programvarer som byggherrer må.

Det vil på lik linje som for byggherrer være en kostnad i forbindelse med utarbeidelse av BIM-dokumenter for entreprenørene. Når man først begynner med BIM vil nok kostnaden være i form av innleid personell med BIM-kompetanse. Etter hvert som virksomheten og dens personell har opparbeidet seg BIM-kompetanse vil kostnadene ligge i timebruken de ansatte bruker på utarbeidelse og forbedring av BIM-dokumentene.

Endringer underveis i et prosjekt kan være vanskelig å oppfatte for en entreprenørs ansatte ute på byggeplass. Endringer underveis i et prosjekt kan være i form av at noe er blitt lagt til, som ikke var der når man priset prosjektet. Disse endringene vil entreprenør ha krav på å få betalt for å utføre. Hvis man derimot som entreprenør ikke oppfatter disse endringene og sender krav til byggherre, er det ikke noen automatikk at man får ekstra betalt for å utføre endringene.

6 Diskusjon

6.1 Status i dag

På mange måter kan man si at byggeprosjekter de seneste årene har blitt prosjektert ved hjelp av BIM-programvare, men FDV-dokumentasjonen som blir levert i stor grad er lik dokumentasjonen i tradisjonelle prosjekter. Eneste forskjellen er at IFC-filer også er blitt levert. Ergo BIM er blitt brukt i prosjekteringsfasen, men ikke i driftsfasen. Noe av grunnen til dette er nok at BIM-kravene som er blitt stilt ikke er gode nok og at BIM-kunnskapen til både byggherre og entreprenører ikke har vært tilstrekkelig slik at BIM-leveransen kan bli brukt i driftsfasen også. En annen faktor her kan være at det ikke finnes god (nok) programvare til å håndtere BIM i FDV-fase.

Det er tidkrevende å få til «korrekt» BIM, eller for å si det på en finere måte det er tidkrevende å forstå BIM. Resultatene av å forstå BIM blir ikke umiddelbart synlig, og det er kanskje derfor mange virksomheter ikke har satset på BIM enda. BIM-programvare har blitt brukt i Norge i relativt lang tid, men det er blitt brukt uten å tenke på hvordan BIM-en kan brukes i driftsfasen.

6.2 Merverdi med bruk av BIM

Forutsetning for at byggherre skal få merverdi av BIM er at det stilles krav til aktørene i prosjektet at både opprinnelige filer og IFC blir levert. Blir kun IFC levert vil man sitte på korrekt informasjon angående prosjektet slik det ble bygget, men man vil ikke ha noen måte å endre IFC-en på hvis man i fremtiden skal renovere deler av bygningsmassen. Erfaringer som er blitt gjort tilsier at det er flere aktører som «tviholder» på de opprinnelige filene sine, da de er «redd» for at virksomhetshemmeligheter skal komme i «feil» hender. Dette er en holdning som er med på å hemme den BIM-veksten i BAE-næringen i Norge.

All merverdien for BIM-prosjekter kommer ikke nødvendigvis i selve prosjektgjennomføringen, en del av merverdien vil man få i driftsfasen. Her er tanken at BIM skal hjelpe driftspersonell med å holde kontroll på bygget i drift. Her kan ting som planlagt vedlikehold legges/linkes inn i modellen, man vil ha produktdatablad av alle produkter i modellen og/eller i prosjekthotellet. Noe som gjør at man som driftspersonell vil oppleve å ha mye bedre kontroll på anlegget. Er det noe som blir ødelagt kan man gå inn i modellen, trykke på det aktuelle objektet og finne all informasjon man trenger. Dette kan være informasjon som reklamasjonstid, leverandør, produsent, GTIN/EAN og så videre. Her ser vi merverdien av å bruke BIM i prosjekter, i motsetning til å lete i en bunke med papirer eller en mappestruktur på PC, hvor det kan oppfattes som «en labyrint» å finne frem til informasjonen man leter etter.

Det at byggherre setter krav til bruk av BIM i prosjekter «tvinger» entreprenører til å måtte bruke BIM hvis de vil være bidragsyttere i prosjektene. Som entreprenør er det ikke bare negativt at byggherrene setter disse kravene, entreprenørene vil også oppleve en merverdi med bruk av BIM. Bedre kontroll på prosjektene og mer effektiv prosjektering er noen av disse merverdiene.

Det blir nevnt i kapittel 5.3.2.3 at det kan være vanskelig for entreprenører å oppfatte endringer underveis i prosjektet. Det finnes heldigvis enkelte programvarer som kan oppfatte

disse endringene. Endringene blir oppfattet ved at programvaren sammenligner versjoner av enten IFC-filer eller PDF-er. Disse endringene vil bli merket i modell eller på plantegningen, og man vil på denne måten få kontroll på hva som er endret i prosjektet direkte på nettbrettet på byggeplass. Dette forutsetter dermed at entreprenør har slik programvare, for endringshåndtering er foreløpig ikke mulig å gjøre i BIM-kioskene.

6.3 Utdanning og kompetanseheving

For at både entreprenør og byggherre skal få merverdien av BIM kreves det kompetanse, denne kompetansen får man med utdanning, kursing og trening. Stadig flere utdanningsinstitusjoner tilbyr BIM som enkeltfag. En liten nedside her er at fagene oftest er å finne for studenter som går bygg og byplanlegging. Det er ikke bare RIB som bruker BIM i prosjekter, slik trenden er nå vil det bli krav til BIM for de aller fleste fagfelt. Utdanningsinstitusjonene burde dermed se på muligheten for å implementere BIM som valgfag for alle de ingeniørfaglige retningene der har. NTNU er en av få utdanningsinstitusjoner som tilbyr årskurs i BIM. Hvis BIM-kompetansen i BAE-næringen skal øke burde nok flere universitet og høyskoler tilby dette. For personer med fagbrev har man BIM-utdanning ved noen av de ulike fagskolene man har rundt om i landet.

Kursing vil være mulig hos de ulike leverandørene av BIM-programvare. Her vil man oftest få kursing i kun den programvaren leverandøren leverer. Trening generelt kan man få ved at man bruker programvaren og ved å se på webinarer, opplæringsvideoer og lignende. Etter hvert som BIM-kompetansen øker i BAE-næringen vil det være naturlig at man har egne opplæringsrutiner innad i virksomhetene.

På større byggeprosjekter vil det kanskje være naturlig at en eller flere fra prosjektorganisasjonen blir med videre inn i driftsorganisasjonen av bygningen. På denne måten «slipper» byggherre å lære opp alle som skal drifte bygningen. Hvis noen av det «ny opplærte» driftspersonellet har noen spørsmål vil det være enkelt for personen som har gått fra prosjektorganisasjon til driftsorganisasjon å hjelpe med den kunnskapen personen har tilegnet seg i programvaren gjennom prosjektgjennomføringen.

Overgangen fra tradisjonelle prosjekter til BIM-prosjekter krever en god del opplæring i bruk av programvare. For entreprenører vil man dermed med tiden få ansatte som behersker BIM i så stor grad at man kanskje slipper å leie inn konsulenter til å ta seg av BIM-en i prosjekter. Mange entreprenører har dyktige prosjektledere som prosjekterer med den tradisjonelle metoden, og gir deretter disse tegningene videre til konsulent. Med bruk av denne metoden vil entreprenører «betale» to ganger for samme arbeid. Når entreprenørene får prosjektledere med BIM-kunnskap vil lønnsomheten i virksomheten øke etter hvert. Lønnsomhetsresultatene vil nok ikke komme i det første eller andre prosjektet, men etter hvert som BIM-kompetansen til prosjektlederen øker vil lønnsomheten også øke.

6.4 Økonomi og miljø

Økonomisk er det selvsagt en påkjenning for både byggherre og entreprenører å investere i BIM. Slik er det med all overgang til ny teknologi, man må være villig til å investere og la

lønnsomheten komme etter hvert, man kan ikke forvente at lønnsomheten endres over natten. Hvor stor denne økonomiske påkjenningen vil bli er avhengig av hvilke og hvor mange programvarer det blir investert i. Prisene for programvaren vil være varierende, avhengig av hvilken programvare det er, hvor mange lisenser man trenger og så videre. En av de vanligste måtene man skaffer seg programvarene på er at man betaler et relativt stort beløp for å «kjøpe» programvaren og at man har en årlig vedlikeholdsavtale som ligger på rundt 20-25% av kjøpesum. Med «kjøpe» menes at man kjøper programvaren i gjeldene versjon, og at man da kun kan bruke den versjonen man har kjøpt, kommer det nye versjoner av programvaren må man kjøpe hele programvaren på nytt, med mindre man har nevnte vedlikeholdsavtale.

Vil digitaliseringen av byggeplassen være så miljøvennlig som man kanskje tror? Man reduserer papirbruken, har mulighet for prefabrikkering og får mer nøyaktig utstyrsbestilling. Det kan likevel tenkes at digitaliseringen setter litt spor i naturen. Prosjekthotellene trenger servere for å holdes gående, BIM-kioskene og nettbrettene trenger strøm for å kunne vise modellen digitalt. Prefabrikkeringen flytter noe av miljøkostnadene vekk fra byggeplass og inn på fabrikk. Spørsmålet her er egentlig om miljøregnestykket går i pluss eller minus med en heldigital byggeplass, og da bør man inkludere miljøkostnaden med prefabrikkering også. Legger man inn energieffektiviseringen av bygg i regnestykket vil man nok på sikt gå solid i pluss, både med tanke på miljøhensyn, men også rent økonomisk.

6.5 Senke terskelen for bruk av BIM

Som nevnt tidligere i oppgaven finnes det gode BIM-manualer og BIM-standarder som kan være med på å hjelpe både byggherrer og entreprenører med implementering av BIM. Noe som kanskje savnes er en oversikt over de ulike IFC-entitetene det kreves at man benytter i prosjektene. I SBM1.2.1 under «B.2 BIM – Generelle krav til modellstruktur» kreves det at man skal bruke riktige objekter i punkt 13 (Statsbygg, 2013), se Figur 6.1 under. Dette kravet er blitt videreført i de nyere BIM-manualene til Statsbygg også, henholdsvis SIMBA1.3, SIMBA2.0 og SIMBA2.1. Som man ser i Figur 6.1 henviser Statsbygg videre til buildingSMART for mer informasjon om de ulike entitetstypene. Her savnes det muligens en norsk oversikt over hvilke entiteter de ulike objektene skal ha. Det sier seg selv at en dør skal ha entiteten «IfcDoor», og at et vindu skal ha entiteten «IfcWindow». Men for tekniske objekter er det ikke alltid like lett å lete seg frem til korrekt entitet.

13.	Bruk av riktige objekter	SKAL	<p>Alle bygningsdeler skal modelleres med korrekt entitet ihht IFC-skjemaet. Som et minstekrav skal entiteter listet i IFC Coordination View 2.0 (http://buildingSMART-tech.org/specifications/ifc-view-definition/coordination-view-v2.0/concepts) være støttet, for relevante objekttyper i den enkelte applikasjon.</p> <p>Bruk av «proxy-objekter» (IfcBuildingElementProxy) skal holdes på et minimum. Hvis de benyttes, skal de enkelt kunne identifiseres ut fra navngivningen (IfcBuildingElementProxy.Name).</p>
-----	--------------------------	------	--

Figur 6.1 – IFC-entiteter, hentet fra SBM1.2.1 (Statsbygg, 2013)

I mai 2021 publiserte Standard Norge en standard med navn «NS3457-8 Klassifikasjon av byggverk, Del: 8: Komponentkoder». Denne standarden er en videreutvikling av Statsbyggs «PA0802, Vedlegg 9.2 – Komponentkodeliste». Her har komponentkodene man skal bruke i bygninger, som tidligere var en prosjektanvisning, nå blitt en standard man skal følge. Den er videreutviklet ved at man i PA0802 benytter to-bokstavs-koder, mens man i standarden benytter seg av tre-bokstavs-koder. Dette gjør at man kan spesifisere mer hvilket objekt man benytter. Eksempelvis finner man i PA0802 at XS er «Bryter / Vender / Knapp / Vippe» (Statsbygg, 2020), mens man i NS3457-8 har XSA helt til XSF (Statsbygg, 2021), se Figur 6.2. Det som er interessant med denne overgangen til tre-bokstavs-kode, er at man her enkelt kan lage en oversikt over hvilken entitet de ulike kodene kan eller bør tilhøre. Et eksempel her kan være at «XSE - Manuelle brannmeldere» skal tilhøre entiteten «IfcAlarmType», og mer spesifikt av typen «BREAKGLASSBUTTON» (buildingSMART International, 2007). Med en slik oversikt vil sannsynligheten for feil i BIM-leveransen minke og man vil spare entreprenører for mye tid, da det er tidkrevende å lete etter korrekt IFC-entitet.

	XS			
		Bryter eller vender eller knapp eller vippe	Gjelder både buss og konvensjonelle brytere.	Koblingsapparat for kontroll- og styring. For kontrollpanel eller tablå, se UK_.
	XSA	Bryter	Trykknapper, bryter, bryterpanel.	Lysbryter, startbryter, stoppbryter, impulsbryter.
	XSB	Endebryter	Detektering av posisjon	
	XSC	Nødstoppbryter		Nødstopp. For å stoppe prosesser.
	XSD	Sikkerhetsbryter		
	XSE	Manuelle brannmeldere		Branndetektorer, automatisk brannvarsler, se RZ_.
	XSF	Bryter for dørmiljø		KAC bryter, snorbryter, albuebryter, berøringsfri bryter

Figur 6.2 - Komponentkode, hentet fra NS3457-8 (Statsbygg, 2021)

7 Konklusjon

Masteroppgavens problemstilling har vært «*Vil BIM-prosjekter være mer verdiskapende enn tradisjonelle prosjekter?*», og det er blitt utformet fire forskningsspørsmål for å belyse ulike aspekter av problemstillingen. Forskningsspørsmålene er som følger:

- *Finnes det merverdi for byggherre med bruk av BIM?*
- *Finnes det merverdi for entreprenører med bruk av BIM?*
- *Finnes det ulemper for byggherre med bruk av BIM?*
- *Finnes det ulemper for entreprenører med bruk av BIM?*

Forskingsspørsmålene er gjennomgått i detalj i resultat og diskusjonsdelen av oppgaven. Videre vil det komme en samlet konklusjon som vil besvare oppgavens problemstilling.

Vil BIM-prosjekter være mer verdiskapende enn tradisjonelle prosjekter?

For at BIM-prosjekter skal være mer verdiskapende enn tradisjonelle prosjekter er det en forutsetning at det er tilstrekkelig med BIM-kompetanse i hele verdikjeden. Helt fra byggherreadministrasjon og driftspersonell til arbeidstakere hos entreprenørene. Hvilken grad av kompetanse som kreves avhenger av hvilke arbeidsprosesser man skal benytte BIM til. For en BIM-koordinator og BIM-ansvarlig kreves det høy grad av kompetanse, da det er disse personene som er driverne av BIM i prosjektet. For arbeidstakere hos entreprenørene kreves det ikke like høy grad av kompetanse. Her må man bare vite hvordan man manøvrerer seg rundt i en modell og hvordan man finner informasjonen man trenger.

En annen forutsetning for at BIM-prosjekter skal være mer verdiskapende i hele byggets levetid er at det finnes en plan for BIM-leveransen fra starten av. Settes det gode og fornuftige krav til BIM, vil leveransen kunne brukes i driftsfasen av bygget også.

Merverdiene for både byggherre og entreprenør vil være som følger:

- Bedre kontroll i prosjektet
 - Tilgang til informasjon blir enklere
 - «Personnummer» og «Bygningsjournal»
 - Samhandling og kommunikasjon samlet på en plass
 - Sporbarhet
- Økt effektivitet i prosjektgjennomføring
 - Visualisering
 - Kollisjonskontroller
- Mer miljøvennlig byggeprosess
 - Svinn blir redusert
- Økonomisk gevinst

Alle de ulempene som er kommet frem i oppgaven har i utgangspunktet en forbindelse med økonomi og overgang til ny teknologi. Det vil naturligvis være en økonomisk bakside ved å investere i ny teknologi. Man må gå til innkjøp av ny programvare, personell må trenes i bruk av ny programvare og prosedyrer for bruk av programvaren må lages. Dette er ulemper man

kun vil merke når man er i overgangsfasen mellom tradisjonelle prosjekter og BIM-prosjekter. Når man først har kommet godt i gang med BIM-prosjekter vil den økonomiske baksiden man fikk i forbindelse med investeringen gå over til økonomisk gevinst i form av mer effektiv prosjektgjennomføring og enklere driftshverdag.

Totalt sett vil BIM-prosjekter være mer verdiskapende enn tradisjonelle prosjekter for hele verdikjeden. Byggherre vil oppleve større grad av kontroll i selve byggingen, entreprenører vil oppleve økt effektivitet i prosjekteringen og driftspersonell vil motta et produkt som vil gjøre driften av bygget enklere.

7.1 Forslag til videre forskning

Som nevnt allerede i metode kapitlet åpner tittelen på oppgaven for muligheten til å utføre studien ved hjelp av kvantitativ metode. Dette kan dermed være et forslag til videre forskning, bruke samme tittel og problemstilling, men benytte kvantitativ istedenfor kvalitativ metode.

Under vil jeg liste opp andre relevante problemstillinger det ville vært interessant å forske videre på:

I hvor stor grad bruker entreprenørene funksjonene med BIM?

Eksempler til forskningsspørsmål relatert til dette temaet:

- Bruker man automatikken med f.eks. kursoversikt man får direkte fra programvaren? Eller lager man kursoversikt manuelt selv om man prosjekterer i BIM?
- Bruker man sjekklister direkte koblet mot komponenter i modell, eller bruker man de sjekklistene man har fra den tradisjonelle prosjektgjennomføringen?
- Sjekklistene direkte koblet i modell, har de noe for seg? Fungerer de bedre enn de tradisjonelle?

Hvordan virker den nye TFM i forhold til den gamle?

Eksempler til forskningsspørsmål relatert til dette temaet:

- Er den nye TFM en forbedring av den gamle? Gå gjerne inn på forskjellene på utforming av de ulike TFM-ene
- Er den nye TFM mer oversiktlig og enklere å bruke for alle i BAE-næringen?
- Generelt for TFM (både den gamle og nye), hvilke bruksområder har merkesystemet?
- Finnes det forbedringer man kan gjøre slik at TFM blir enda bedre?

Hvordan bruker byggherrer informasjonen fra BIM-prosjekter i videre drift av anlegg?

Eksempler til forskningsspørsmål relatert til dette temaet:

- Hvilken informasjon er det som faktisk brukes i drift? Finnes det informasjon som er et krav i dag, som egentlig er overflødig?
- Er man avhengig av flere programvarer for ulike funksjoner, eller finnes det programvare man enkelt kan tilpasse slik man selv vil?

Helt på tampen kommer det en liten oppfordring til Standard Norge, eller eventuelt Statsbygg:

Lag en oversikt over entiteter og entitetstyper direkte opp mot NS3457-8. Det er forståelig at det kan være vanskelig å referere til entiteter direkte i standardene, da IFC-formatene er under stadig utvikling. Kanskje Statsbygg kan lage en ny PA hvor man har denne koblingen mellom entiteter i de ulike IFC-formatene opp mot tre-bokstavs-koden for komponentene?

Appendiks A Litteraturliste

- Autodesk. (2022, 22. april). *CAD SOFTWARE*. Hentet fra autodesk.com:
<https://www.autodesk.com/solutions/cad-software>
- Bakkmoen, K. I. (2018, 12. november). Digitalisering av byggeprosessen (BIM) Status i Norge og verden. Sykehusbygg.
- British Standard Institution. (2000, 15. mars). BS 6079-2:2000.
- buildingSMART International. (2007, juli). IFC2x Edition 3 Technical Corrigendum 1. Hentet fra
<https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/TC1/HTML/>
- buildingSMART International. (2022, 02. mai). BIM Collaboration Format (BCF) - An Introduction. Hentet fra <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/>
- buildingSMART International. (2022). *IFC Specifications Database*. Hentet fra
<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/?sfw=pass1654631893>
- buildingSMART Norge. (2010, 05. mai). BCF use-cases veiledning 1.
- Byggeindustrien. (2018, 15. august). Statsbygg innfører krav om papirløse byggeplasser. Norge. Hentet fra <https://www.bygg.no/statsbygg-innforer-krav-om-papirlose-byggeplasser/1362995/>
- Byggenæringens Landsforening. (2017). *Digitalt veikart for bygg-, anleggs-, og eiendomsnæringen for økt bærekraft og verdiskapning*.
- Dalland, O. (2021). *Metode og oppgaveskriving* (7. utg.). Oslo: Gyldendal.
- Direktoratet for forvaltning og økonomistyring. (2021, 14. desember). Anskaffelsesprosessen steg for steg. Hentet fra
<https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/anskaffelsesprosessen-steg-steg/avklare-behov-og-forberede-konkurransen/lage-kontraktstrategi/dialog-med-markedet/regler-dialog>
- Gardiner, P. D. (2005). *Project Management: A Strategic Planning Approach*. Palgrave Macmillan.
- ISO. (2018, desember). EN ISO 19650-1:2018.
- Lov om offentlige anskaffelser(LOV-2016-06-17-73) (2017). Hentet fra
<https://lovdata.no/lov/2016-06-17-73>
- Lu, W., Fung, A., Peng, Y., Liang, C., & Rowlinson, S. (2014). Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves. *Building and Environment*(82), ss. 317-327.
- Scottish Futures Trust. (u.d.). Determine the Info Management & CDE Strategy. Hentet 25. april, 2022 fra
<https://bimportal.scottishfuturestrust.org.uk/level2/stage/1/task/2/determine-the-info-management-cde-strategy>

Standard Norge. (2009, februar). NS 3451:2009 - Bygningsdelstabell.

Standard Norge. (2010). NS 8351:2010 - Byggetegninger.

Standard Norge. (2019, 01. januar). NS-EN ISO 19650-1:2018.

Standard Norge. (2022a). *Digital byggeprosess og BIM*. Hentet fra standard.no:
<https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/digital-byggeprosess/>

Standard Norge. (2022b). *Klassifisering av byggverk - NS 3457*. Hentet fra standard.no:
<https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/ns-3420-/klassifisering-av-byggverk---ns-3457/>

Statsbygg. (2013, 17. desember). Statsbyggs manual for bygningsinformasjonsmodellering Versjon 1.2.1.

Statsbygg. (2017, 28. november). PA0802 Tverrfaglig merkesystem (TFM).

Statsbygg. (2020, 02. november). PA 0603 - 2D DAK-tegninger.

Statsbygg. (2020, 13. november). PA 0802 Vedlegg 9.2 – Komponentkodeliste.

Statsbygg. (2021, 10. mai). NS 3457-8:2021 Klassifisering av byggverk Del 8: Komponentkoder i bygninger.

Statsbygg. (2022a). *SIMBA*. Hentet fra Statsbyggs BIM-krav:
<https://sites.google.com/view/simba-bim-krav/hjem>

Statsbygg. (2022b). *Publikasjoner*. Hentet fra <https://www.statsbygg.no/publikasjoner>

Appendiks B Forkortelser og ordforklaringer

Stikkord	Forklaring
ARK	Arkitekt
BAE-næringen	Bygg-, Anleggs- og Eiendomsnæringen
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Bygningsinformasjonsmodell
BNL	Byggenæringens Landsforening
BSI	British Standards Institution
CAD	Computer aided design
CADD	Computer aided design and drafting
CDE	Common Data Environment
DAK	Dataassistert konstruksjon
FDV	Forvaltning, drift og vedlikehold
IFC	Industry Foundation Classes
ITT	Invitation to Tender
NS	Norsk Standard
NS-TFM	Norsk Standards tverrfaglige merkesystem
PA	Prosjektanvisning
RIB	Rådgivende ingeniør bygg
RIBr	Rådgivende ingeniør brann
RIE	Rådgivende ingeniør elektro
RIR	Rådgivende ingeniør rør
RIV	Rådgivende ingeniør ventilasjon
SBM	Statsbyggs BIM-manual
TFM	Tverrfaglig merkesystem
VR	Virtual Reality

Appendiks C Relevante standarder, manualer og PA-er.

C.1 Standarder fra Standard Norge

Standard	Navn	BIM eller DAK
NS 3451:2022	Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder	BIM og DAK
NS 3457-3:2013	Klassifikasjon av byggverk, Del 3: Bygningstyper	BIM og DAK
NS 3457-4:2015	Klassifikasjon av byggverk, Del 4: Romfunksjoner	BIM og DAK
NS 3457-7:2021	Klassifikasjon av byggverk, Del 7: Identifikasjon i digitale modeller og for merking i byggverk	BIM og DAK
NS 3457-8:2021	Klassifikasjon av byggverk, Del 8: Komponentkoder	BIM og DAK
NS 3457-9:2021	Klassifikasjon av byggverk, Del 9: Merking i bygninger	BIM og DAK
NS 8351:2010	Byggetegninger Datamaskinassistert konstruksjon (DAK) Lagdeling	DAK
NS 8353:2008	Teknisk produktdokumentasjon Byggetegninger Krav til DAK-manualer	DAK
NS 8360-1:2021	BIM-objekter for byggverk, Del 1: Modellpraksis, navngivning, typekoding og egenskaper	BIM
NS 8360-2:2021	BIM-objekter for byggverk, Del 2: Egenskaper for identifikasjon i digitale modeller og merking i byggverk	BIM
NS-EN ISO 19650-1:2018	Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) Informasjonsforvaltning med BIM, Del 1: Begreper og prinsipper	BIM
NS-EN ISO 19650-2:2018	Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) Informasjonsforvaltning med BIM, Del 2: Prosjektfasen	BIM
NS-EN ISO 19650-3:2020	Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) Informasjonsforvaltning med BIM, Del 3: Driftsfasen	BIM
NS-EN ISO 19650-5:2020	Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) Informasjonsforvaltning med BIM, Del 5: Informasjonsforvaltning med fokus på sikkerhet	BIM
NS-EN ISO 29481-1:2017	Bygningsinformasjonsmodeller Informasjonsleveranse Del 1: Metode og format	BIM
NS-EN ISO 29481-2:2016	Bygningsinformasjonsmodeller Informasjonsleveranse Del 2: Rammeverk for interaksjon	BIM
NS-ISO 81346-12:2018	Industrielle systemer, installasjoner og utstyr/produkter Struktureringsprinsipper og referansebetingelser, Del 12: Bygg og anlegg med installasjoner	BIM og DAK

P-811:2021	Veiledning til NS 3457-7:2021 Bruk av TFM-systemet, med systemkoder	BIM og DAK
SN-CEN/TR 17439:2020	Veiledning om implementering av EN ISO 19650-1 og -2 i Europa	BIM
SN/TS 3489:2010	Implementering av støtte for IFD Library i en IFC-modell	BIM

(Standard Norge, 2022a) (Standard Norge, 2022b)

C.2 Manualer fra Statsbygg

Manual	Navn	Årstall	Evt. IFC-format
SBM1.2.1	Statsbyggs BIM-manual 1.2.1	2013	
SIMBA1.2.1	Statsbyggs BIM-krav 1.2.1	2019	IFC2x3
SIMBA1.3	Statsbyggs BIM-krav 1.3	2019	IFC2x3
SIMBA2.0	Statsbyggs BIM-krav 2.0	2021	IFC4
SIMBA2.1	Statsbyggs BIM-krav 2.1	2022	IFC4
SIMBA X	Kravsett for eksisterende byggverk	2021	IFC2x3

(Statsbygg, 2022a)

C.3 PA-er fra Statsbygg

Prosjektanvisning	Navn	Årstall
PA0603	2D DAK-tegninger	2017
PA0603	Vedlegg: Tittelfelt for tegninger (.dwg 2018)	2018
PA0802	Tverrfaglig merkesystem (TFM)	2017
PA0802	Vedlegg 9.1 - Systemkodeliste	2020
PA0802	Vedlegg 9.2 - Komponentkodeliste	2020
PA0802	Vedlegg 9.3 - Eksempler	2021

(Statsbygg, 2022b)