

# Potensialet til samordningsmodellen som eneste leveranse under byggefasen i et vegprosjekt

**Håkon Torstensen Kildal**

Bygg- og miljøteknikk (2-årig)  
Innlevert: desember 2015  
Hovedveileder: Kelly Pitera, BAT

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





NORGES TEKNISK-  
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR BYGG, ANLEGG OG TRANSPORT

Oppgavens tittel:  <i>Potensialet til samordningsmodellen som eneste leveranse under byggefasen i et vegprosjekt</i>  <i>The potential of using the interdisciplinary 3D-model as the sole deliverance during the construction phase of a road project</i>	Dato: 20.12.2015		
	Antall sider (inkl. bilag): 105		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Håkon Torstensen Kildal			
Faglærer/veileder: Kelly Pitera			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Anders Amundsen Welde (Multiconsult)			

Ekstrakt:

I denne studien er det undersøkt om samordningsmodellen beskrevet i Statens vegvesens håndbok V770-modellgrunnlag kan fungere som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag. Med partene menes byggherre, entreprenør, og prosjekterende.

For å kunne svare på denne problemstillingen er det utformet 2 forskningsspørsmål som skal gi et utfyllende svar på problemstillingen. Forskningsspørsmålene er som følger:

- Hvilke utfordringer ser man ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag?
- Hvilke tiltak må til for at man skal kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag?

Forskningsmetoden som er benyttet i denne masteroppgaven er kvalitativ i form av intervju. Det er valgt ut 2 representanter fra byggherre, 2 representanter fra entreprenør, 3 representanter fra prosjekterende, og 1 representant fra programvareleverandør. Disse respondentene har alle innsikt i modellbasert prosjektering etter håndbok V770, og har erfaring med bruk av samordningsmodellen.

Studien har funnet at samordningsmodellen ikke kan benyttes som eneste leveranse mellom partene som underlag for byggefasen i et vegprosjekt. Det er mangler ved dagens teknologi/programvare som gjør det tidkrevende eller umulig å legge inn all informasjon i samordningsmodellen. Denne informasjonen er nødvendig for at modellen fullt ut skal kunne erstatte 2D-tegninger i leveransen.

Stikkord:

1. BIM
2. Samordningsmodell
3. Vegprosjekter
4. Modellbasert prosjektering

## FORORD

Denne masteroppgaven med emnekode TBA4940 Veg avslutter et 2-årig masterstudium i bygg- og miljøteknikk ved instituttet for bygg, anlegg og transport (BAT) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Masteroppgaven ble gjennomført høstsemesteret 2015 i samarbeide med Multiconsult representert av ekstern veileder Anders Amundsen Welde, og med Kelly Pitera som hovedveileder ved NTNU.

Masteroppgavens problemstilling er om Samordningsmodellen kan benyttes som eneste leveranse mellom partene i et vegprosjekt under byggefasen. Samordningsmodellen er en tværfaglig 3D modell som beskriver et vegprosjekt. Dette har vært en spennende og lærerik oppgave. Oppgaven er blitt en ”State of the art review” av dagens bruk av 3D-modeller. Gjennom intervjuer som er oppgavens forskningsmetode er problemstillingen belyst fra flere parter og synsvinkler i samferdselsbransjen.

Jeg vil benytte anledningen til å takke de som har bidratt med faglige innspill, korrekturlesing, og generell støtte til oppgaven.

Først vil jeg rette en stor takk til min hovedveileder ved NTNU Kelly Pitera som er førsteamanuensis ved Institutt for bygg, anlegg og transport. Kelly har vært en fantastisk veileder som har bidratt med mange gode innspill og kommentarer underveis i oppgaven.

Jeg vil også takke min eksterne veileder Anders Amundsen Welde for gode faglige innspill, og kommentarer til oppgaven underveis.

Til sist, men ikke minst vil jeg takke min kjæreste, og familien. Jeg takker kjæresten min Kjersti Skeie Sunde for all god støtte i frustrerende tider under arbeidet. Dere har alle vært en viktige ressurser i denne prosessen.

Takk

Håkon Torstensen Kildal

Trondheim, 20. Desember 2015



## SAMMENDRAG

Det er allment kjent at samferdselsbransjen har blitt kritisert for gjennomføringen av anleggsprosjekter. Denne kritikken omhandler budsjettoverskridelser, valg av løsninger, og tidsoverskridelser. BygningsInformasjonsModellering (BIM) er et effektiviseringsverktøy som fremheves som en potensiell del av løsning på disse problemene.

Statens vegvesen startet implementeringen av BIM i 2012 gjennom håndboken V770-modellgrunnlag. Prosjektene som gjennomføres modellbasert i dag leverer i praksis dobbel dokumentasjon, det vil si det leveres 2D-tegninger som beskriver prosjektet i tillegg til 3D modellene. Dette er tidkrevende, kostnadsdrivende, og gjør at potensiell tid som kan brukes på å forbedre 3D-modellen benyttes på produksjon av 2D-tegninger. Det er derfor i denne studien undersøkt om samordningsmodellen som er beskrevet i Statens vegvesens håndbok V770-modellgrunnlag kan fungere som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag. Med partene menes byggherre, entreprenør, og prosjekterende.

For å kunne svare på denne problemstillingen er det laget 2 forskningsspørsmål som skal gi et utfyllende svar på problemstillingen. Forskningsspørsmålene er som følger:

- Hvilke utfordringer ser man ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag?
- Hvilke tiltak må til for at man skal kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag?

Oppgaven er begrenset til å se på bruken av samordningsmodellen i norske vegprosjekter. Det er i denne oppgaven valgt å fokusere på byggefasen, men bruken av modellen i prosjekteringsfasen blir også belyst. Oppgaven begrenser seg til de tre sentrale partene i et vegprosjekt: byggherre, prosjekterende, og entreprenør.

Forskningsmetoden som er benyttet i denne masteroppgaven er kvalitativ i form av intervju. Det er valgt ut 2 representanter fra byggherre, 2 representanter fra entreprenør, 3 representanter fra prosjekterende, og 1 representant fra programvareleverandør. Disse respondentene har alle innsikt i modellbasert prosjektering etter håndbok V770, og har erfaring med bruk av samordningsmodellen.

Hensikten med oppgaven er å gi informasjon om hvordan 3D-modellering i form av BIM blir benyttet av samferdselsbransjen i Norge i dag. Den gir et innblikk i hvor langt de ulike partene i prosjektene har kommet i å benytte seg av 3D-modellene. I tillegg identifiseres utfordringer og presenteres forslag til løsninger knyttet til det å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i byggefasen.

Studien har funnet at samordningsmodellen ikke kan fungere som eneste leveranse under byggefasen mellom partene i et vegprosjekt per i dag, basert på intervjuresultatene. Dette

skyldes i henhold til respondentenes uttalelser at det foreligger mangler i dagens teknologi/programvare.

Det er per i dag detaljer og informasjon som fortsatt kun beskrives på 2D-tegninger og ikke tilgjengelig i samordningsmodellen. Detaljer som nevnes er: Armering, utsparinger i konstruksjon, og innhold i tekniske installasjoner som el-skap og trekkerør. Informasjonen som mangler er eksempelvis: beskrivelser av utførelse, og detaljert informasjon om objekter.

For at samordningsmodellen skal kunne fungere som eneste leveranse er det behov for følgende tiltak:

- Programvare må utvikles slik at det blir praktisk mulig å legge inn informasjon på objekter i modellen.
- Det må utvikles dataformater som gjør at denne informasjonen kan overføres fra fagverktøyene, og inn i samordningsmodellen.
- Objekter som brukes ofte i prosjekter kan standardiseres, og inngå i et produktbibliotek slik at det ikke må modelleres på nytt ved hvert prosjekt.
- Det bør utvikles automatiske funksjoner for å generere 2D-tegninger fra samordningsmodellen slik at entreprenør kan generere de snitt/detaljer det eventuelt fortsatt måtte være behov for, hvor 2D-tegninger i dag fortsatt er det mest effektive verktøyet.



## SUMMARY

It is widely known that the Norwegian infrastructure industry has been criticized for their execution of projects. This criticism relates to budget overruns, choice of solutions, and time overruns. Building Information Modelling (BIM) is a tool and a potential solution to these problems through its ability to reduce construction costs and time.

The Norwegian Public Road Administration (NPRA) started implementing BIM in 2012 by incorporating it into their guidelines in "V770-modellgrunnlag". The projects in the infrastructure industry that have implemented this guideline as the foundation for their project have continued to produce 2D-drawings in addition to the 3D-models, which is time consuming and costly. This time could have instead been used to enhance the quality of the 3D-model. This study therefore therefore investigates whether the interdisciplinary 3D-model described in "V770-modellgrunnlag" could act as the sole delivery between the parties during the construction phase of a road project today. The study considers the three main parties the owner, designer and contractor.

In order to answer this question two additional research questions must be addressed. These are as follows.

- What are the challenges regarding using the interdisciplinary 3D-model as the sole delivery between the parties during the construction phase of a road project today?
- What measures need to be taken to enable the use of the interdisciplinary 3D-model as the sole delivery between the parties during the construction phase of a road project today?

This study is limited to the use of the interdisciplinary 3D-model in Norwegian road projects. Additionally, the main focus is on the construction phase of a project, but the use of the model during the design phase is also considered briefly.

The research method of this thesis is qualitative with the use of interviews. The interview candidates selected are 2 persons representing the owner, 2 persons representing the entrepreneur, 3 persons representing the designer, and 1 person representing a software company developing BIM software. These representatives all have knowledge about the use of interdisciplinary models, and experience from projects which are using the "V770-modellgrunnlag" as the basis for implementing a infrastructure project.

The purpose of this study is to provide information of how 3D-modelling is being used in the infrastructure industry in Norway today. It will provide insight regarding how the different parties have implemented the use of 3D-models in their respective tasks. In addition this study tries to identify challenges and present proposed solutions related to the use of the interdisciplinary 3D-model as the sole delivery.

This study has found that the interdisciplinary 3D-model cannot act as the sole delivery between the parties of a road project as of today, based on the interview results in this

report. This is because of limitations in the current technology/software. Currently there are still details and information only described on 2D-drawings, i.e. not included in the interdisciplinary model. Details that are not included as of today are identified as: reinforcement, recesses in structure elements, and the content within technical installations such as electrical cabinets and ducts. The information that is not included in the model is for example: description of execution, and detailed information about objects specifications.

If the interdisciplinary 3D-model is to be used as the sole delivery between the parties during the construction phase of a road project today the following measures need to be fulfilled:

- Software needs to be developed so that it becomes possible to attach information to objects within the model.
- Computer file formats need to be developed so that the information can be transferred into the interdisciplinary 3D-model from the different computer tools used by the different designers without loss of information.
- Objects that are frequently used in projects should be standardized and incorporated into object libraries, and hence no need for modelling these objects in every project.
- There should also be developed tools for extracting 2D-drawings directly from the model so that the contractor can generate sections/details for the purpose of using these where 2D-drawings are still the most effective tool.

# INNHALDSFORTEGNELSE

<b>Forord</b> .....	<b>III</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>V</b>
<b>Summary</b> .....	<b>VII</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>1</b>
<b>Figurliste</b> .....	<b>3</b>
<b>Tabelliste</b> .....	<b>3</b>
<b>Forkortelser</b> .....	<b>4</b>
<b>Ordforklaring</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1 Bakgrunn</b> .....	<b>5</b>
1.1.1 BIM og samordningsmodell .....	5
1.1.2 Forskjellen på byggeprosjekter og vegprosjekter.....	6
1.1.3 De ulike partene i et vegprosjekt .....	7
1.1.4 De ulike fasene i et vegprosjekt .....	7
1.1.5 Hvorfor implementere BIM i samferdselsbransjen .....	8
<b>1.2 Problemstilling og valg av oppgave</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3 Oppgavens avgrensninger</b> .....	<b>12</b>
<b>1.4 Formål med oppgaven</b> .....	<b>12</b>
<b>2 Metode</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Reliabilitet og validitet</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 Induktiv vs. hypotetisk-deduktiv tilnærming</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3 Empiri</b> .....	<b>14</b>
<b>2.4 Kvalitativ og Kvantitativ metode</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5 Litteratursøk</b> .....	<b>15</b>
2.5.1 Ulike typer kilder .....	16
<b>2.6 Kildekritikk</b> .....	<b>17</b>
<b>2.7 Intervju som metode</b> .....	<b>18</b>
2.7.1 utfordringer og feilkilder ved intervju .....	19
2.7.2 Forventninger til resultat av intervjuet .....	19
2.7.3 Gjennomføring av intervjuprosessen .....	20
<b>3 Teori</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1 Betydningen av BIM for de ulike partene</b> .....	<b>23</b>
3.1.1 BIM for byggherre .....	23
3.1.2 BIM for prosjekterende .....	24
3.1.3 BIM for entreprenøren .....	24
3.1.4 BIM utfordringer.....	25
<b>3.2 BIM-dimensjoner</b> .....	<b>26</b>
<b>3.3 Dataformater</b> .....	<b>27</b>
<b>3.4 Statens vegvesen- organisering av håndbøker</b> .....	<b>27</b>
<b>3.5 Håndbok R700-Tegningsgrunnlag</b> .....	<b>28</b>
<b>3.6 Håndbok V770-Modellgrunnlag</b> .....	<b>28</b>
3.6.1 3D-modellens bruksområder etter håndbok V770 .....	29

<b>3.7</b>	<b>Entrepriseformer</b> .....	<b>34</b>
3.7.1	Utførelsesentrepriser .....	34
3.7.2	Totalentrepriser.....	35
3.7.3	Statens vegvesen og entrepriseformer .....	37
<b>3.8</b>	<b>Målbare effekter av modellbasert vegprosjektering i Norge</b> .....	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Byggherre</b> .....	<b>41</b>
4.1.1	Samordningsmodellens bruksområder i dag .....	41
4.1.2	Fordeler ved bruk av samordningsmodellen .....	42
4.1.3	Utfordringer ved bruk av samordningsmodellen.....	42
4.1.4	Hvordan entrepriseform påvirker samordningsmodellen .....	43
4.1.5	Ulikheter mellom modellbaserte- og tegningsbaserte prosjekter.....	43
4.1.6	Utfordringer ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag .....	44
4.1.7	Tiltak for å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag .....	44
4.1.8	Fordeler med implementering av BIM i samferdselsbransjen .....	45
<b>4.2</b>	<b>Prosjekterende</b> .....	<b>46</b>
4.2.1	Samordningsmodellens bruksområder i dag .....	46
4.2.2	Fordeler ved bruk av samordningsmodellen .....	47
4.2.3	Utfordringer ved bruk av samordningsmodellen.....	47
4.2.4	Hvordan entrepriseform påvirker samordningsmodellen .....	48
4.2.5	Ulikheter mellom modellbaserte- og tegningsbaserte prosjekter.....	49
4.2.6	Utfordringer ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag .....	49
4.2.7	Tiltak for å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag .....	50
4.2.8	Fordeler med implementering av BIM i samferdselsbransjen .....	51
<b>4.3</b>	<b>Entreprenør</b> .....	<b>52</b>
4.3.1	Samordningsmodellens bruksområder i dag .....	52
4.3.2	Fordeler ved bruk av samordningsmodellen .....	53
4.3.3	Utfordringer ved bruk av samordningsmodellen.....	53
4.3.4	Hvordan entrepriseform påvirker samordningsmodellen .....	54
4.3.5	Ulikheter mellom modellbaserte- og tegningsbaserte prosjekter.....	54
4.3.6	Utfordringer ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag .....	54
4.3.7	Tiltak for å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag .....	55
4.3.8	Fordeler med implementering av BIM i samferdselsbransjen .....	56
<b>4.4</b>	<b>Programvareleverandør</b> .....	<b>56</b>
4.4.1	Ulikheter mellom modellbaserte- og tegningsbaserte prosjekter.....	56
4.4.2	Utfordringer ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag .....	57
4.4.3	Tiltak for å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag .....	58
4.4.4	Fordeler med implementering av BIM i samferdselsbransjen .....	58
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>61</b>
<b>5.1</b>	<b>Samordningsmodellens bruksområder i dag</b> .....	<b>61</b>
5.1.1	Fordeler ved bruk av samordningsmodellen .....	63
5.1.2	Utfordringer ved bruk av samordningsmodellen.....	65
5.1.3	Hvordan entrepriseform påvirker samordningsmodellen .....	66
5.1.4	Ulikheter mellom modellbaserte- og tegningsbaserte prosjekter.....	67
<b>5.2</b>	<b>Fordeler med implementering av BIM i samferdselsbransjen</b> .....	<b>67</b>
<b>5.3</b>	<b>Utfordringer ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag</b> .....	<b>69</b>
<b>5.4</b>	<b>Tiltak for å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag</b> .....	<b>71</b>

<b>6 Oppsummering .....</b>	<b>75</b>
<b>Referanseliste .....</b>	<b>77</b>
<b>Vedlegg .....</b>	<b>81</b>

## **FIGURLISTE**

Figur 1 - Fasene i et vegprosjekt (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2012) .....	7
Figur 2 - Bruttoprodukt per utførte timeverk (Fritt etter) (Statistisk Sentralbyrå, 2015b) .	9
Figur 3 - Produksjonsindeks. Bygge- og anleggsvirksomhet (Statistisk Sentralbyrå, 2015a) .....	10
Figur 4 - Validitet vs reliabilitet (Knut Samset, Forelesning 20.08.2014, ”Forskningsmetodekurset”) .....	13
Figur 5 – Grunnlagsmodell (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2015).....	30
Figur 6 – Fagmodell (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2015).....	31
Figur 7 – Tverrfaglig- / Samordnings-modell (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2015).....	32
Figur 8 – Presentasjonsmodell (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2015).....	33
Figur 9 - Modellbasert prosjektering (Thorsen and Tøndel, 2014) .....	33
Figur 10 – Utførelsesentreprise fritt etter (Hagstrøm and Bruserud, 2014).....	34
Figur 11 - Totalentreprise fritt etter (Hagstrøm and Bruserud, 2014) .....	36
Figur 12 - Analyse av modellbaserte prosjekter fritt etter (Thorsen and Tøndel, 2014) ..	38
Figur 13 - Prosentvis fordeling av endringsordre fritt etter (Thorsen and Tøndel, 2014)	39

## **TABELLISTE**

Tabell 1 - Kvalitativ vs kvantitativ metode (Fritt etter: Knut Samset, Forelesning 20.08.2014, ”Forskningsmetodekurset”).....	15
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## FORKORTELSER

Forkortelse	Betydning
BIM	BygningsInformasjonsModell
ARK	Arkitekt
RIB	Rådgivende ingeniør bygg
RIVeg	Rådgivende ingeniør veg
RIE	Rådgivende ingeniør elektro
RIG	Rådgivende ingeniør Geoteknikk
RIVA	Vann og avløp
CAD	Computer aided design (prosjektering ved bruk av datamaskin)
SOSI	Samordnet opplegg for stedfestet digital informasjon
VIPS	Dataformat av Vegmodell som er innarbeidet i Vianova sine datasystemer
NVDB	Norsk Veg Data Bank

## ORDFORKLARING

**Modellbasert:** Samferdselsprosjekt som benytter seg av 3D-modeller helt eller delvis som arbeidsgrunnlag for alle faser, og legger håndbok V770 til grunn for gjennomføringen.

**Objekt:** Brukes her om deler som inngår i en 3D-modell. Et objekt kan være et avløpsrør, elektrokabel, konstruksjon, fundament, og liknende.

**Fagdisiplin:** Prosjekterende fag (RIE, RIB, RIG) eller utførende (entreprenør) fag som (graver, elektriker, tekniske installasjoner)

**Sidefag:** Fagdisiplin som gjør en liten del av prosjektet. Dette kan være en entreprenør som driver med elektro, og skal installere noen få komponenter på et prosjekt. Det kan også være et rådgivende fag som for eksempel RIE som skal prosjektere noen få komponenter som for eksempel lysarmaturer i et prosjekt.

# 1 INNLEDNING

I dette kapittelet vil bakgrunnsinformasjon bli gitt, og oppgaven vil bli presentert. Under bakgrunnsinformasjonen vil grunnleggende begreper forklares. Dette er begreper som det er knyttet ulike oppfatninger til, og som har ulike definisjoner. Det er derfor viktig å presisere hvilke definisjoner som legges til grunn for begrepene som benyttes i denne oppgaven. Det vil også her presenteres noe informasjon knyttet til hvorfor man bør implementere BIM i samferdselsbransjen. Deretter vil valg av oppgave, oppgaven, oppgavens avgrensninger, formål, og forutsetninger bli presentert.

## 1.1 BAKGRUNN

I dette kapittelet vil det bli gitt noen grunnleggende definisjoner og forklaringer knyttet til begreper som vil bli benyttet gjennom studien. Dette for å legge til rette for en entydig forståelse.

### 1.1.1 BIM OG SAMORDNINGSMODELL

BIM er en forkortelse for ordet bygningsinformasjonsmodell. Ordet BIM brukes og forstås på mange forskjellige måter. BIM utviklingen startet tidligere og har kommet lengre i byggebransjen enn i samferdselsbransjen. Det er derfor mest etablert teori om BIM relatert til byggebransjen. Det er gjennom denne teorien folk flest forstår BIM. Det er imidlertid ikke alt i denne teorien som er relevant for samferdselsbransjen. Det er også ulike meninger på om BIM er et begrep som dekker bruken av datamodeller i samferdselsbransjen i dag. BIM benyttes likevel som basis for denne oppgaven fordi det er lite etablert litteratur om denne typen teknologi for samferdselsbransjen. BIM teori fra byggebransjen benyttes derfor for å forklare hva dette kan innebære for samferdselsbransjen når man har implementert teknologien slik definisjonene tilsier, og slik denne studien forutsetter skal bli gjeldende i samferdselsbransjen.

BIM brukes om både en arbeidsmetode (BygningsInformasjonsModellering) og om selve datamodellen (BygningsInformasjonsModell). I denne studien er det fokus på hvordan man benytter 3D-modeller for vegprosjekter i dag, og hva som skal til for å kunne benytte en felles 3D-modell for alle fagdisipliner som eneste leveranse som underlag for byggefasen i et vegprosjekt. Det er derfor i litteraturen hentet informasjon om BIM som i (BygningsInformasjonsModell), og hvordan denne felles modellen benyttes eller potensielt kan benyttes i byggebransjen.

Følgende beskrivelse av BIM benyttes i denne studien. ”BIM kan helt enkelt beskrives som en dataassistert prosess, som man benytter for å prosjektere, forstå, og demonstrere nøkkelegenskapene med hensyn på fysiske og funksjonelle egenskaper på ett bygg eller anleggsprosjekt. Dette gjøres basert på en 3D-datamodell. BIM gir derfor muligheten til at alle fagdisipliner skal kunne prosjektere i samme modell samtidig, og at dette blir visualisert i 3D”. Fritt oversatt etter (Barnes and Davies, 2014)

BIM er tenkt å være en 3D-modell hvor alle de ulike fagene i et bygg-, anlegg-, eller samferdselsprosjekt kan bidra gjennom felles datautvekslingsformater som de ulike

prosjekteringsprogrammene støtter. Det vil si at de ulike fagdisiplinene prosjekterer de respektive 3D-objekter de har ansvar for. Dette kan for eksempel være vegingeniøren som har ansvar for vegkroppen som innebærer både overbygning, underbygning, og tilhørende grøfter, skråninger, og skjæringer. I mellomtiden kan elektro, vann og avløp ha prosjektert objekter som lysarmaturer langs veien eller rør og avløpssystemer i vegkroppen. Objektene har tilknyttede egenskaper som geometri og navn. Objektene er faste eller basert på skallflater slik at de enten er hule eller fylt med en definert masse (eks. Snitt av et armeringsjern er fylt med stål). Objektene er også ”intelligente” slik at endringer i ett snitt av et objekt gjør at alle andre snitt av samme objekt også blir oppdatert med denne endringen. Objektene settes sammen i en felles modell som oppdateres fortløpende gjennom prosjekteringen. Den ferdige BIM-modellen beskriver gjerne hele prosjektet slik det vil se ut når det er bygget. Denne beskrivelsen av BIM er basert på (Vianova, 2015b) og (Kensek, 2014)

I vegprosjekter kalles den komplette modellen for tverrfaglig modell eller samordningsmodell. Denne er beskrevet i (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2015) som sammensetning av grunnlagsmodeller og fagmodeller (se kapittel 3.6.1). Dette er en 3D-modell som viser eksisterende og ny struktur i et vegprosjekt. Altså eksisterende situasjon før byggefasen starter, og hvordan prosjektet skal se ut når det er ferdig. Denne modellen inneholder per i dag informasjon om geometri, og objektnavn. (Vianova, 2015a) Denne studien tar sikte på å finne ut om samordningsmodellen kan fungere som en fullstendig beskrivelse tilstrekkelig til å kunne benyttes som eneste leveranse som underlag for byggefasen i et vegprosjekt i dag.

### **1.1.2 FORSKJELLEN PÅ BYGGEPROSJEKTER OG VEGPROSJEKTER**

Byggeprosjekter og vegprosjekter er ulike på en rekke områder. Her vil de viktigste forskjellene bli presentert.

Et vegprosjekt kan først og fremst ha en større geografisk utstrekning. Dette vil avhenge av prosjektets størrelse, men et vegprosjekt kan være flere mil i utstrekning. Dette til forskjell fra byggeprosjekter hvor utstrekningen stort sett begrenser seg til under et tresifret antall meter.

Et byggeprosjekt er preget av en del usikkerheter knyttet til geotekniske forhold i grunnen der bygget skal stå. Dette er også et problem for vegprosjekter. Forskjellen ligger i at denne usikkerheten stort sett er over når man har støpt grunnplaten på bygget. Deretter er deler av usikkerheten til prosjektet klarert. På et vegprosjekt vil man ha denne usikkerheten gjennom hele prosjektet frem til man har utført alle gravearbeider, og alt fjell er avdekket.

Den siste forskjellen som nevnes her er hvordan man oppgir posisjonen til objekter i et vegprosjekt i forhold til et byggeprosjekt. I vegprosjekter benytter man noe som kalles referanselinjer som kan følge eksempelvis vegbanens midtpunkt og overflate. Objektene plassering oppgis relativt til denne. Dette i motsetning til et byggeprosjekt hvor man benytter koordinatsystem og oppgir objektene plassering i forhold til koordinatsystemets origo. Dette er et av problemene som gjør at man blant annet ikke kan benytte det samme



åpne produktuavhengige dataformatet i vegprosjekter som i byggeprosjekter (IFC-formatet) (se kapittel 3.3). (Idar Kirkhorn, 2015)

Forskjellene mellom byggebransjen og samferdselsbransjen er tatt i betraktning når litteraturen har blitt gjennomgått når dette har vært relevant.

### 1.1.3 DE ULIKE PARTENE I ET VEGPROSJEKT

Vegprosjekter innebærer at noe skal bygges. Det som skal bygges skal som regel bygges for noen, altså en eier av anlegget eller prosjektet. Denne parten er kjent som byggherren, og defineres som ”*enhver fysisk eller juridisk person som får utført et bygge- eller anleggsarbeid.*” (Byggherreforskriften, 1995 §4b). For at byggverket eller anlegget skal kunne gjennomføres må det være noen som har tenkt på hvordan dette skal se ut både estetisk, teknisk, overordnet, og detaljert. Denne parten kalles prosjekterende, og omfatter blant annet ARK, RIB, RIVeg, RIG, og RIE. Denne rollen i prosjektet defineres blant annet slik ”*[r]ollen som prosjekterende innebærer å utvikle og beskrive prosjektet som objekt og derved gi grunnlag for produksjonsprosessen*” (Eikeland, 1998). Den siste parten er den som skal bygge anlegget. Denne parten er entreprenøren, og hans rolle er definert slik.

*”Entreprenørrollen innebærer å påta seg et oppdrag som utførende med tilhørende ansvar for bestemte risiki knyttet til utførelsen. Utførelsen av de fysiske arbeidene på byggeplassen omfatter også de administrative funksjonene, planlegging, organisering og ledelse, som er knyttet til utførelsen av prosjekterte arbeider.”* (Eikeland, 1998)

I denne oppgaven benyttes ovennevnte definisjoner av de ulike partene.

### 1.1.4 DE ULIKE FASENE I ET VEGPROSJEKT

Et vegprosjekt innebærer flere faser som skal gjennomføres fra prosjektets start til slutt. I dette kapitlet vil de ulike fasene bli presentert. Dette slik at byggefasen som denne oppgaven vil fokusere på blir presentert i forhold til helheten av et vegprosjekt.

Nedenfor er det satt inn et flytdiagram som viser rekkefølgen på fasene i et vegprosjekt.



FIGUR 1 - FASENE I ET VEGPROSJEKT (STATENS VEGVESEN AND VEGDIREKTORATET, 2012)

**Konseptvalgutredning:** I denne fasen vurderer man kort fortalt ulike alternative løsninger som skal kunne dekke transportbehovet på strekningen man ser på.

**Kommunedelplan:** I kommunedelplanfasen avgjøres rammene for vegprosjektet. Dette er blant annet valg av vegtrasé, og hvilken standard vegen skal ha. I tillegg settes rammer for andre forhold som kan ha stor påvirkning på totalkostnadene.

**Reguleringsplan:** Her avgjøres detaljer knyttet til hvor veganlegget skal plasseres, og hvordan det skal utformes etter plan- og bygningsloven, og arealbehov.

**Grunnerverv:** Her overtar Statens vegvesen deler av tomtene eller hele tomtene til grunneiere som eier tomt langs traseen ut ifra behov for areal. Dette skjer vanligvis ved at man lager en avtale, og eieren får en økonomisk erstatning.

**Prosjektere:** I prosjekteringsfasen gjøres arbeide utover reguleringsplanen som er vedtatt. Disse arbeidene omfatter alt som må til for å lage et fullstendig konkurransegrunnlag. Dette gjøres med grunnlag i statensvegvesen sine håndbøker som inkluderer normaler, retningslinjer, og veiledere.

**Bygge:** I byggefasen bygges veganlegget etter konkurransegrunnlaget som er gitt.

**Drifte:** I driftsfasen utføres arbeider langs vegtraseen for å opprettholde vegens funksjonalitet. Dette innebærer blant annet snørydding, og annen vinterdrift.

**Vedlikeholde:** Vedlikeholdsfasen inneholder oppgaver som skal sørge for at det fysiske veganlegget og infrastrukturen det er knyttet til blir ivaretatt over lengre tid. Dette innebærer blant annet å sørge for at kvaliteten på vegdekker, grøfter, og drenering er i henhold til gitte krav.

(Statens vegvesen)

### **1.1.5 HVORFOR IMPLEMENTERE BIM I SAMFERDSELSBRANSJEN**

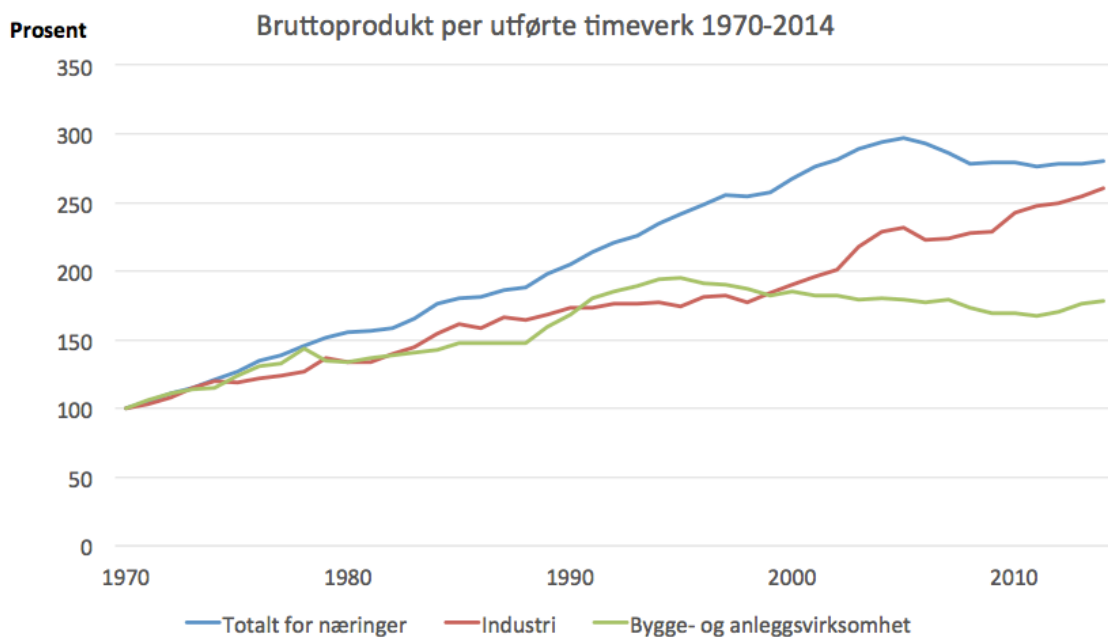
I dette delkapittelet presenteres noen av de mest interessante årsakene til at man har en interesse og behov for effektiviseringsverktøy slik som BIM i samferdselsbransjen.

Det er allment kjent at samferdselsbransjen har fått en del kritikk på gjennomførte prosjekter. Kritikken har gått på overskridelser av budsjett, dårlige løsninger, og kvaliteten på utført arbeide. Det har også vært fokus på feil, og mangler. Dette ble også bekreftet under intervjuene (se kapittel 4.1.8). BIM blir holdt frem som noe som potensielt kan være løsning på disse utfordringene.

Rådgivende ingeniørers forening anbefaler bruk av BIM i ”Norges tilstand 2015” for å effektivisere alle offentlige bygg og anleggsprosjekter, og øke kvaliteten på resultatet. Her har de også presentert vedlikeholdsetterslepet, og behovet for nybygging i vegsektoren. Etterslepet er beregnet ut ifra at man skal heve kvaliteten på veiene til karakteren 4 på en skala fra 1-5. Dette er en såkalt tjenlig standard på veien. Investeringsbehovet for å oppnå dette innen 2050 er estimert til 800-1000 mrd. NOK for riksveger, 500-600 mrd. NOK for fylkesveger, og 250-300 mrd. NOK for kommunale vegger. (Rådgivende Ingeniørers Forening, 2015) En implementering av BIM som effektiviseringsverktøy vil kunne antas å redusere dette investeringsbehovet noe på grunn av effektivisering.

Med store investeringer på veg og jernbane i Norge ser man et behov for å effektivisere samferdselsbransjen med bruk av BIM. Byggebransjen har benyttet BIM en stund, og ligger foran samferdselsbransjen. BIM er imidlertid under utvikling i byggebransjen også

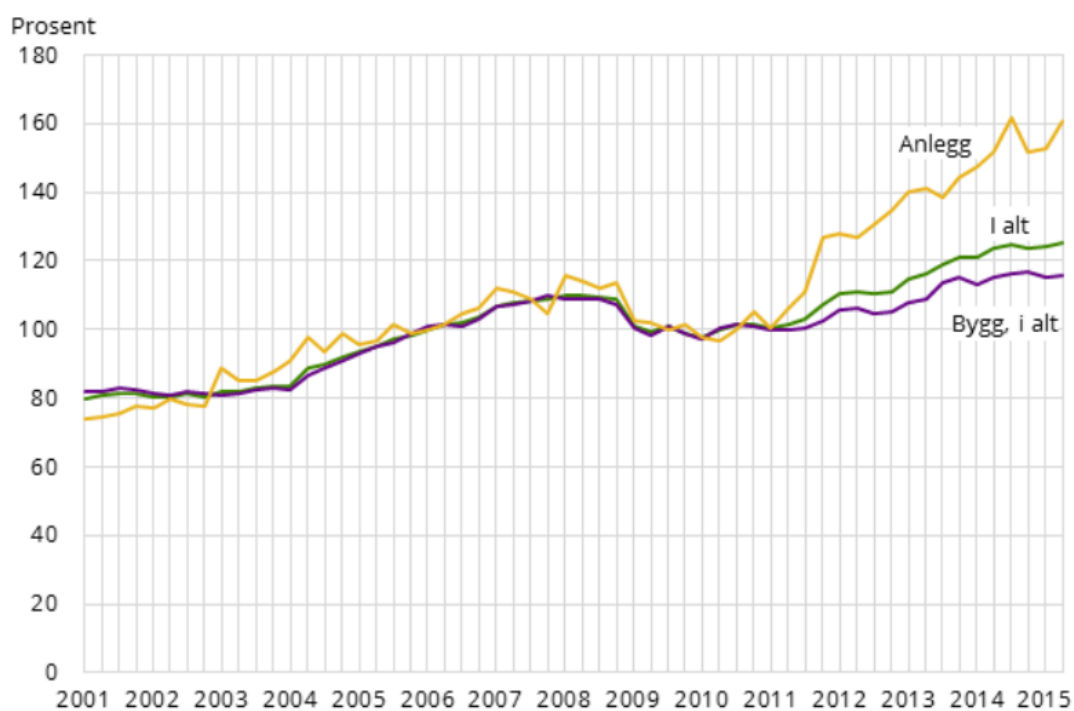
men der har man sett et potensiale av bruken gjennom flere gjennomførte casestudier som blant annet i Eastman et al. (2011). Potensialet til BIM i samferdselsbransjen kommer gjennom redusert antall byggefeil som følge av feilprosjektering. Disse feilene oppdages nå oftere under prosjekteringen ved bruk av BIM, og ikke når man er på byggeplass som kan bli dyrt. Dette fordi det er mange løpende kostnader på et anlegg slik som innleid utstyr og mannskap som skal betales uavhengig av stans på anlegget. Dette kan gi en stor samfunnsøkonomisk gevinst i form av bedre kvalitet på og reduserte kostnader på samferdselsprosjekter. (Vianova, 2015b) Det har blitt gjennomført en analyse som skal vise potensialet til BIM i samferdselsbransjen gjennom reduksjon av såkalte endringsordre. Denne er presentert og drøftet i kapittel 3.8 der målbare effekter av modellbasert prosjektering er presentert.



FIGUR 2 - BRUTTOPRODUKT PER UTFØRTE TIMEVERK (FRITT ETTER) (STATISTISK SENTRALBYRÅ, 2015B)

Grafene i Figur 2 og Figur 3 viser henholdsvis produktivitetsutviklingen som er beregnet som produksjon per utførte timeverk, og hvor mye som produseres i bygge- og anleggsvirksomhet. I henhold til grafene hentet fra statistisk sentralbyrå er utviklingstendensen at man har hatt en økning i produksjonen samtidig som produktiviteten har vært synkende. Dette er en uheldig utvikling som kan tyde på at det er behov for en effektivisering av bransjen generelt. BIM er et verktøy som blir beskrevet som et hjelpemiddel for å redusere både kostnader og tiden det tar å gjennomføre et prosjekt. (Eastman et al., 2011)

Figur 1. Produksjonsindeks. Bygge- og anleggsvirksomhet. Sesongjustert<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Brudd i anleggsindeksen i 1. kvartal 2003. Dette skyldes at Mesta AS, som er skilt ut som privat selskap fra Statens vegvesen, er tatt med i beregningsgrunnlaget.

FIGUR 3 - PRODUKSJONSINDEKS. BYGGE- OG ANLEGGSVIRKSOMHET (STATISTISK SENTRALBYRÅ, 2015A)

## 1.2 PROBLEMSTILLING OG VALG AV OPPGAVE

Problemstillingen tar utgangspunkt i innledende samtaler med Vianova og Multiconsult. Under disse samtalene ble det diskutert ulike typer aktuelle problemstillinger knyttet til 3D-prosjektering i samferdselsbransjen. Både problemstillinger knyttet til bruk av verktøy, og standardiseringsarbeid i forbindelse med objekter som brukes i prosjekteringen ble diskutert. Denne oppgaven vil imidlertid fokusere på bruk av 3D-modellen i samferdselsbransjen, og hvordan denne skal kunne erstatte den tradisjonelle leveranse av 2D-tegninger i vegprosjekter. *”I de fleste store infrastrukturprosjekter de siste årene er 3D samordningsmodeller benyttet”* (Vianova, 2015a). I 2012 ble statensvegvesen sin håndbok V770 – modellgrunnlag utgitt. (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2015) Denne håndboken het da håndbok 138-modellgrunnlag. Med denne håndboken implementerte Statens vegvesen BIM i sitt håndboksystem.

Prosjektene som gjennomføres modellbasert i dag leverer i praksis dobbel dokumentasjon, det vil si det leveres 2D-tegninger som beskriver prosjektet i tillegg til 3D modellene. Det er derfor ønskelig å se på mulighetene for å benytte kun 3D-modell som leveranse mellom partene i byggefasen på norske vegprosjekter i stede for 2D-tegninger. Dette i form av samordningsmodellen som er en tverrfaglig 3D-modell som beskriver hele prosjektet, både eksisterende og fremtidig situasjon når prosjektet er gjennomført. Dette er beskrevet nærmere i kapittel 3.6.1. For å finne ut av dette er det formulert følgende problemstilling med tilhørende forskningsspørsmål.

Problemstillingen:

**Kan en samordningsmodell fungere som eneste leveranse mellom partene i byggefasen i et vegprosjekt i dag?**

Forskningsspørsmål:

- Hvilke utfordringer ser man ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag?
- Hvilke tiltak må til for at man skal kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag?

Det ble under intervjuer som er denne oppgavens forskningsmetode samlet inn informasjon om samordningsmodellens bruksområde i samferdselsbransjen i Norge per i dag. Dette er ikke et av forskningsspørsmålene, men bidrar til å gi et bilde av hva som praktiseres i dag. Det gir et godt grunnlag for å se mangler ved samordningsmodellen som intervjuobjektene selv ikke informerer om. I tillegg gir det en utfyllende ramme for problemstillingen og forskningsspørsmålene der det går tydelig frem hva som skiller dagens bruk av samordningsmodellen med der hvor den er eneste leveranse i byggefasen, slik oppgaven forutsetter.

### **1.3 OPPGAVENS AVGRENSNINGER**

BIM er et stort fagfelt som blant annet innebærer arbeidsmetoder, datateknologi, 3D-modellering, og gjennomføringsmodeller i form av kontrakter. Det er mange problemstillinger innen alle disse temaene. Oppgaven er derfor avgrenset slik at fokus kan rettes mot de mest relevante problemstillinger.

Oppgaven fokuserer på bruken av samordningsmodellen også kjent som den tverrfaglige modellen i håndbok V770-modellgrunnlag. Den er videre begrenset til å se på bruken av modellene i norske vegprosjekter. Vegprosjekter er ofte langvarige, og innebærer mange ulike faser. Det er i denne oppgaven valgt å legge hovedfokus på byggefasen, men bruken av modellen i prosjekteringsfasen vil også belyses. Oppgaven omhandler hovedsakelig de tre sentrale partene i et vegprosjekt: byggherre, prosjekterende, og entreprenør. Det er flere parter som inngår i et vegprosjekt som leverandører og underentreprenører, men dette er av underordnet betydning for oppgaven. Programvareleverandøren er imidlertid intervjuet da denne parten sitter på teknologisk kompetanse knyttet til 3D-modeller som partene selv ikke nødvendigvis besitter.

### **1.4 FORMÅL MED OPPGAVEN**

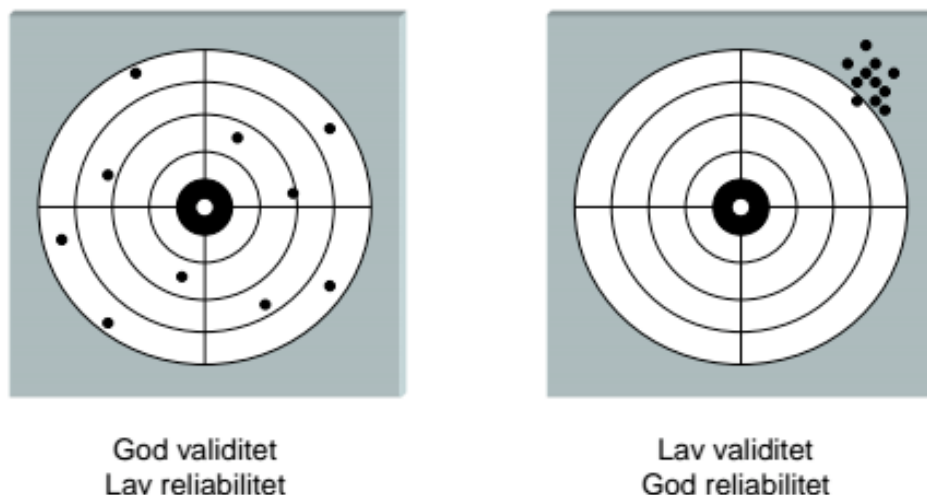
Oppgaven skal gi informasjon om hvordan 3D-modellering i form av BIM blir benyttet av samferdselsbransjen i Norge i dag under de forutsetninger og begrensninger som er foretatt innledningsvis. Dette vil gi bransjen et innblikk i hvor langt de ulike partene i prosjektene har kommet i å benytte seg av 3D-modellene. I tillegg skal oppgaven identifisere utfordringer og presentere forslag til løsninger knyttet til det å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse som underlag for byggefasen.

## 2 METODE

Dette kapitlet skal gi et innblikk i hvilke forskningsmetoder som er benyttet for å komme frem til konklusjonene. Metode kan defineres som ”læren om de verktøy en kan benytte for å samle inn informasjon” (Halvorsen, 2008). Dette skal føre til at leseren selv skal kunne vurdere hvilket grunnlag konklusjonene er basert på, og gi et bedre grunnlag til å kunne videreføre arbeidet med temaet. (Olsson, 2011) Det vil i dette kapitlet først gis en kort innføring i generell vitenskapelig metode. Deretter vil litteraturstudiet bli presentert før oppgavens metode kvalitativt intervju blir gjennomgått.

### 2.1 RELIABILITET OG VALIDITET

Et viktig aspekt ved valgt metode er om metoden er etterprøvable, og om metoden fører til svar på oppgavens forskningsspørsmål. Normen sier at resultatene skal presenteres på en måte som gjør det mulig for leseren å vurdere resultatenes etterprøvablehet, kontrollere resultatene, og gjøre en kritisk vurdering av resultatene. Tillitt til oppgaven, resultatene, og metoden som er benyttet kommer ikke av seg selv. Denne skapes ved å inkludere informasjon som kan hjelpe med å vurdere resultatene og oppgavens innhold på ovennevnte måte. (Dalland, 2012) Reliabilitet er et mål på hvor etterprøvable et forskningsresultat er. Dette kan måles ved at man benytter samme metode med tilsvarende forhold, og deretter ser om man får samme resultat. Dersom man får samme resultat flere ganger er reliabiliteten til resultatet god. Validiteten til resultatet handler om i hvilken grad datagrunnlaget til forskningen er relevant sammenliknet med problemstillingen og forskningsspørsmålene. Jo flere data som er relevante jo høyere grad av validitet. (Olsson, 2011) Med målskiven illustrerer Knut Samset (2014) validitet og reliabilitet.



FIGUR 4 - VALIDITET VS RELIABILITET (KNUT SAMSET, FORELESNING 20.08.2014, "FORSKNINGSMETODEKURSET")

I denne oppgaven benyttes kvalitativt intervju som forskningsmetode. Ved et kvalitativt intervju kan det være vanskelig å måle reliabiliteten. BIM i samferdselsbransjen er et

relativt ungt fagfelt. Utviklingen av bransjens modenhet, erfaring, og programvare vil avgjøre om metoden er etterprøvbart på et gitt tidspunkt. Reliabiliteten til intervjuet vil være tidsavhengig. Hvis man stiller de samme spørsmålene en uke etter at oppgaven er utført vil man kunne forvente samme svar, men et eller to år senere vil utviklingen ha gått fremover, og svarene vil kunne endre seg. Validiteten til intervjuet vil ikke endre seg over tid, men intervjuet vil altså ikke nødvendigvis gi de samme svarene.

## **2.2 INDUKTIV VS. HYPOTETISK-DEDUKTIV TILNÆRMING**

Innen forskning skiller man mellom Induktiv og hypotetisk-deduktiv tilnærming i metoden. Der den induktive beskrives slik *”induktiv tilnæringsmåte innebærer at man forsøker å nærme seg en virkelighet man ikke kjenner, uten klare hypoteser, noenlunde forutsetningsløst og med en lite presis problemstilling”* (Halvorsen, 2008). Den hypotetisk-deduktive metoden beskrives ved at *”utgangspunktet er bestemte teorier og hypoteser som blir etterprøvd gjennom å konfrontere dem med innsamlede data”* (Halvorsen, 2008). Her tar man på den andre side utgangspunkt i en presis problemstilling hvor det går klarere frem hva som er viktig at man innhenter informasjon om. (Halvorsen, 2008)

I denne oppgaven benyttes det hypotetisk-deduktiv metode fordi man her tar utgangspunkt i en bestemt problemstilling, og det går klart frem av denne hva som må hentes inn av informasjon gjennom intervju som er innsamlingsmetoden. Det er også en del hypoteser i teorien som skal konfronteres med resultatene i analysen av disse.

## **2.3 EMPIRI**

Standardene eller håndbøkene til Statens vegvesen kan fortelle oss hvordan man skal gjennomføre modellbasert prosjektering, og teoribøkene kan gi oss svar på hvilke muligheter, fordeler, og ulemper som er knyttet til bygningsinformasjonsmodellering. Denne oppgaven ønsker å gi en forståelse av hvordan deler av bygningsinformasjonsmodelleringen benyttes i samferdselsbransjen i dag. Eller sagt på en annen måte hvordan dette fungerer i virkeligheten i dag. Dersom man ønsker å finne svar på hvordan noe er i virkeligheten er det empiri som benyttes. *”Empiri betyr kunnskap som er bygd på erfaring”*. (Halvorsen, 2008) Gjennom intervju som metode for datainnsamling vil samferdselsbransjens erfaring med modellbasert prosjektering bli fanget opp. Dette vil gi kunnskap om dagens virkelighet i samferdselsbransjen knyttet til bygningsinformasjonsmodellering, og bruk av samordningsmodellen.



## 2.4 KVALITATIV OG KVANTITATIV METODE

Kvalitativ og kvantitativ metode er to forskjellige forskningsmetoder. Hvilken av metodene som skal benyttes avhenger av hva studien går ut på, og hvilken type data som skal samles inn under studien. Følgende er en oversikt over kjennetegn ved de ulike metodene.

### Kvantitativ metode

- Tallbasert informasjon
- Få opplysninger om mange undersøkelsesenheter
- Stor grad av etterprøvbarehet
- Stor vekt på presisjon
- Generalisering og samsvar som mål
- Nødvendig for å dokumentere og skaffe bevis

### Kvalitativ metode

- Tekstlig informasjon
- Mange opplysninger om få undersøkelsesenheter
- Etterprøvbareheten er ofte vanskelig
- Stor vekt på relevans
- Helhetsforståelse som mål
- Nødvendig for å beskrive kontekst og tolke/drøfte resultater

Tabell 1 - Kvalitativ vs kvantitativ metode (Fritt etter: Knut Samset, Forelesning 20.08.2014, "Forskningsmetodekurset")

Denne oppgavens mål er å gi helhetsforståelse om problemstillingen "Kan samordningsmodellen fungere som eneste leveranse i et samferdselsprosjekt i dag" ergo har oppgaven helhetsforståelse som mål. Dataene som er samlet inn gjennom intervju skal inngå som tekstlig informasjon i oppgaven. Gjennom utvalget av intervjuobjekter legges det blant annet vekt på at personene har erfaring fra modellbaserte prosjekter. Det legges dermed vekt på relevant informasjon om temaet. Det er derfor en kvalitativ metode som benyttes i denne studien.

## 2.5 LITTERATURSØK

Litteratursøkeprosessen i denne studien har foregått innledningsvis, og under gjennomføringen av oppgaven. Dette gav en oversikt over eksisterende forskning på temaet, og en bedre forståelse av emnet. Dette var til stor hjelp under arbeidet med oppgaveteksten og tilhørende forskningsspørsmål. Kunnskap om temaet i forkant av prosessen med oppgavebeskrivelsen gav et godt grunnlag for å kunne utforme en oppgavetekst. Med kunnskapen man hadde opparbeidet seg kunne man bedre evaluere oppgavetekstens omfang, og analysere formuleringen med hensyn på hvor bred eller spisset oppgaveteksten skulle være. Det er viktig å lage en oppgavetekst som det er mulig å besvare innen tidsrommet man har til rådighet.

Litteraturen som ble funnet under litteratursøket har i tillegg til å gi forkunnskap blitt benyttet som grunnlag for teorikapitlet. Der er den etablerte litteraturen i form av bøker, standarder, og artikler blitt benyttet for å beskrive sentral informasjon knyttet til temaet for oppgaven. Kunnskapen man hadde opparbeidet seg gav også et godt grunnlag for å kunne lage en intervjuguide. Desto mer kunnskap man fikk om temaet jo enklere ble

det å finne ut av hvilke intervju spørsmål som var aktuelle for å finne svar på problemstillingen, og forskningsspørsmålene.

Under litteratursøket ble universitetsbibliotekets søkemotor Oria på nettsidene til biblioteket [www.ntnu.no/ub](http://www.ntnu.no/ub) benyttet. Dette var hovedkilden til innhenting av informasjon. I tillegg ble [www.scholar.google.no](http://www.scholar.google.no) benyttet til litteratursøk sammen med [www.google.no](http://www.google.no), men disse ble benyttet i mindre grad enn Oria. Ved å benytte bibliotekets søkemotor som primærkilde kan man sikre seg en "gratis" form for kildekritikk. Bibliotekets nettsider sikrer "*tilgang til kvalitetssikret vitenskapelig litteratur*" (Helena Bichão og Mildrid Tilseth, Forelesning 01.09.2014, "Litteratursøk")

Majoriteten av artikler som er publisert er skrevet på engelsk. Det ble derfor nødvendig å søke både med norsk og engelsk terminologi. Det ble i tillegg benyttet bolske søkeoperatører som and, or, not, og near. Eksempler på søkeord som ble benyttet er: BIM and infrastructure, BIM and road projects, BIM and advantages, BIM og samferdsel, og BIM og vegprosjekter. Det ble også benyttet ord i stede for forkortelsen BIM på både norsk og engelsk. Altså benyttet man Building Information Modell, eller Bygningsinformasjonsmodell. Det er skrevet relativt lite om BIM på samferdsel kontra for bygg. Kombinasjonen av ord begrenset derfor søket slik at man kunne hente ut relevante artikler fra utvalget.

### **2.5.1 ULIKE TYPER KILDER**

I denne oppgaven er det brukt flere typer litteratur. Litteraturen i kildelisten omfatter bøker, tidsskrifter, standarder, konferanseartikler og nettsider (etablerte). Disse ulike typene av informasjon har forskjellig tyngde i henhold til (Olsson, 2011). Tross de ulike kildenes varierende tyngde er kombinasjonen viktig for å gi et dekkende teoretisk grunnlag i oppgaven. Da BIM er et relativt ungt tema i samferdselsbransjen sammenliknet med byggebransjen er det få bøker som er skrevet om BIM i samferdselsbransjen. Dette gjør at man i deler av oppgaven har benyttet kilder med mindre tyngde. Artikler og etablerte nettsider er benyttet for å finne dekkende informasjon innen samferdselsbransjen. For så å bekrefte denne informasjonen med anerkjent BIM litteratur fra byggebransjen. Standardene i form av Statens vegvesen sine håndbøker har gitt god innsikt i hvordan modellbaserte prosjekter foreslås gjennomført.

## 2.6 KILDEKRITIKK

For at oppgaven skal ha faglig relevans, tyngde, og kvalitet er det viktig å være kritisk til informasjonen man baserer arbeidet sitt på. Det er derfor valgt å benytte **TONE**-kriteriene som grunnlag for å vurdere innhentet informasjon. Kriteriene består av følgende 4 punkter som innhentet informasjon skal tilfredsstillere.

- Troverdighet
- Objektivitet
- Nøyaktighet
- Egnethet

(VIKO, 2010)

For å avgjøre om informasjonen tilfredsstillere kriteriene anbefaler (VIKO, 2010) at man stiller blant annet følgende spørsmål under vurderingen.

- *Hvem har skrevet informasjonen?*
- *Hva slags innhold informasjonen har?*
- *Når informasjonen ble laget?*
- *Hvor informasjonen ble publisert?*
- *For hvem informasjonen ble publisert?*
- *Hvorfor informasjonen ble produsert?*

Gjennom bruk av bibliotekets nettsider [www.ntnu.no/ub](http://www.ntnu.no/ub) har man som nevnt tilgang på informasjonskanaler, og litteratur som har vært igjennom en kvalitetssikring. I tillegg er ovennevnte kriterier brukt for å bevisstgjøre seg selv når man finner informasjon. Det har blant annet vært benyttet internetsider som kilde på enkelte ting. Dette har i andre tilfeller vært nettsider til programvareleverandører. Her er det meget viktig å benytte god kildekritikk. Det kan være at informasjonen er fremstilt med fokus på hva som er bra for å selge mer programvare. Ved slike tilfeller har man i denne oppgaven funnet annen litteratur som kan bekrefte informasjonen.

## 2.7 INTERVJU SOM METODE

Det finnes mange metoder for å innhente informasjon under forskningsarbeidet. Hvilken metode som velges avhenger av hva oppgaven eller forskningen tar sikte på å finne ut av. Dalland (2012) lister opp følgende som vanlige metoder for innhenting av data. Metodene kan være både kvalitative og kvantitative. Dette kommer an på hva slags informasjon man skal ha, og om hvilken type undersøkelsesenheter man har som nevnt i kapittel 2.4.

- *dokumentgjennomgang*
- *bruk av eksisterende data fra systemer, rapporter og lignende*
- *intervjuer med nøkkelpersoner*
- *deltakende observasjon*
- *direkte observasjon/måling*
- *spørreundersøkelser*
- *casestudier, som til dels er en kombinasjon av flere av tilnærmingene ovenfor*

I denne oppgaven er det valgt intervju med nøkkelpersoner som metode for innhenting av informasjon. Mer spesifikt er det her snakk om et ustrukturert kvalitativt intervju som tar utgangspunkt i en intervjuguide. Dette intervjuet kjennetegnes ved at det baserer seg på forhåndsbestemte spørsmål i form av en intervjuguide. Denne guiden kan være mer eller mindre strukturert. Intervjuguiden kan inneholde spørsmål eller opplistede tema man skal snakke om. Det finnes ingen svaralternativer til disse spørsmålene. Dette gjør bearbeidingen av resultatene til et tidkrevende arbeide, og det krever mer av intervjuobjektet å finne svar da det ikke finnes noen svaralternativ på spørsmålene som stilles. (Halvorsen, 2008) Intervjuene som skal gjennomføres i denne studien er besøksintervjuer hvor intervjueren besøker objektet der de befinner seg som i dette tilfellet er ved arbeidsplassen til vedkommende. Under slike intervjuer gjennomføres det ofte lydopptak. Dette slik at man skal kunne fokusere på intervjuet, tolke svarene, og stille gode oppfølgingsspørsmål. (Halvorsen, 2008)

I det kvalitative intervjuet foregår mye av tolkningen underveis i intervjuet, og intervjusspørsmålene er relativt åpne. Dette i motsetning til et kvantitativt intervju hvor spørsmålene ofte er strukturerte og lukkede. Ved slike intervju foregår analysen etter at informasjonsinnhenting er gjort. (Halvorsen, 2008)

For at analysen av de innsamlede dataene skal bli tilfredsstillende er det avgjørende at kvaliteten på intervjuet er god. Et kvalitetsintervju er et intervju som blir tolket underveis i intervjuet, og oppfølgingsspørsmål fra intervjuer bekrefter eller endrer hans tolkninger før lydopptakeren stoppes. Kvaliteten på intervjuet er avhengig av både intervjuer og intervjuobjektet. Noen intervjuobjekter er bedre egnet til intervju enn andre. Gode intervjuobjekter kan mye om det de intervjues om, og svarene de gir er sammenhengende, presise, og konsise. Intervjuerens egenskaper er også viktige for at kvaliteten på intervjuet skal bli vellykket. Intervjueren må vite mye om temaet som det intervjues om, og ha sosiale egenskaper som gjør interaksjonen mellom objektet og

intervjuer bedre. Det er også viktig med normal vennlighet, og høflighet slik at objektet føler seg vel, og kan snakke ut om temaet. Intervjueren må kunne tolke svarene underveis for å vite hvilke svar som må følges opp med spørsmål. Det er også viktig å være kritisk til svarene, og dermed ikke ta alt for god fisk. (Kvale et al., 2009)

### **2.7.1 UTFORDRINGER OG FEILKILDER VED INTERVJU**

Intervjuet som metode har noen kjente utfordringer og feilkilder som kan være vanskelig å unngå, i tillegg til at intervjuer og intervjuobjekt bør tilfredsstillende tidligere nevnte egenskaper er det noen fallgruver og feilkilder som kjennetegner intervju som metode. Ledende spørsmål kan være en feilkilde ved et intervju. Dette har med hvordan intervjueren har fått frem resultatene sine. Et ledende spørsmål vil kunne fremstille en mening som kanskje ikke intervjuobjektet har, og vil derfor gi en gal fremstilling av intervjupersonens meninger. Dette trenger ikke alltid føre til feil dersom personen ikke lar seg påvirke av intervjuers ledende spørsmål.

Transkripsjonen av intervjuet er også en feilkilde. Her er det viktig å få frem det som faktisk ble sagt under intervjuet, og meningen bak det. Dersom intervjuer endrer på ordsammensetningen eller liknende under transkriberingen kan budskapet endre mening i forhold til hva intervjuobjektet mente med budskapet. (Kvale et al., 2009) Andre feilkilder kan være situasjonen intervjuet foregår i. Det kan påvirke intervjuobjektet hvor objektet befinner seg, om det er hjemme eller på arbeidsplassen. Intervjuers ytre kjennetegn som klesstil og utseende kan også gjøre en forskjell. Det er derfor viktig at intervjuer er nøytral på alle områder under intervjuet både når det kommer til egne holdninger og meninger, men også på ytre forhold. (Halvorsen, 2008)

### **2.7.2 FORVENTNINGER TIL RESULTAT AV INTERVJUET**

Spørsmålene i dette kvalitative intervjuet skal danne grunnlaget for resultat, analyse, og konklusjons-kapitlene i denne studien. Forskningsspørsmålene og oppgavens problemstilling skal også besvares på grunnlag av resultatet fra intervjuene som er utført. Det forventes at intervjuguiden som er laget skal fungere som et godt rammeverk for intervjuet, og at teorien som er gjennomgått på forhånd av intervjurundene skal gi intervjuer en god nok forståelse til å kunne stille gode oppfølgingsspørsmål.

Det er under intervjuene gjennomført lydopptak for å gi en bedre dialog. Dette skal gjøre det enklere å følge med på intervjuet slik at man kan fange opp svar som kan være tvetydige, og dermed stille oppfølgingsspørsmål for å gi klarhet i disse. Temaet for oppgaven er bruk av samordningsmodellen, og hvordan implementeringen av BIM gjennom denne har fungert så langt i gjennomførte eller pågående vegprosjekter i Norge. Det er mange definisjoner på de ulike 3D-modellene som benyttes i dag, og BIM. Dette ble registrert etter innledende samtaler med intervjuobjekter. Man ble derfor observant på forhånd at det kunne oppstå noen uklarheter under intervjuene vedrørende enkelte ord og uttrykk. Intervjuer er derfor forberedt på å presisere ytterligere hva som menes med disse uttrykkene, og hvilken definisjon som legges til grunn i denne studien.

Utvelgelsen av intervjuobjekter har vært en omfattende og tidkrevende prosess hvor man har forsøkt å finne frem til interessante personer som har erfaring fra modellbaserte

prosjekter. Det forventes derfor at utvalget skal gi et representativt bilde av hvordan samferdselsbransjen håndterer BIM i dag, hva som eventuelt gjenstår av problemer, og hvordan disse foreslås løst. Utvalget av intervjuobjekter representerer byggherre, prosjekterende, entreprenør, og programvareleverandør. Det forventes at disse partene vil gi en dekkende beskrivelse av bruken av BIM-modellering fra alle sider av forhandlingsbordet.

Prosjektledernivået som noen av intervjuobjektene representerer burde ha oversikt over hvordan 3D-modellen blir brukt i hele prosjektet. Det vil derfor kunne forventes at disse sitter på informasjon om spesifikke utfordringer som oppleves av prosjektets deltakere som benytter modellen, og om hvordan samarbeidet partene imellom fungerer.

### **2.7.3 GJENNOMFØRING AV INTERVJUPROSESSEN**

I denne oppgaven startet intervjuprosessen når det teoretiske grunnlaget var etablert. En oversikt over teorien var til god hjelp til både å begrense oppgavens omfang, og lage aktuelle forskningsspørsmål som intervjuet skulle besvare. God kunnskap rundt intervjutemaet er en fordel når intervjuguiden skal lages. Det gav et bedre grunnlag for å lage relevante spørsmål. I tillegg hjelper den faglige kunnskapen til utvelgelsen av intervjuobjektene. Prosessen for å finne frem til personene som skulle intervjues var tidkrevende. Professorer ved instituttet for bygg anlegg og transport med kjennskap til samferdselsbransjen gav noen navn på personer som kunne være aktuelle. I tillegg har det vært en del medieoppslag som er knyttet til blant annet pilotprosjekter når det kommer til bruk av BIM i samferdselsbransjen. Dette gav to til tre navn, og det var gjennom disse man fant frem til de resterende intervjuobjektene. Noen av de potensielle objektene mente de ikke var aktuelle, men hadde da andre potensielle intervjuobjekter å anbefale. Til slutt hadde man representanter fra byggherre (2 personer), prosjekterende (3 personer), entreprenør (2 personer), og programvareleverandør (1 person). Disse med unntak av programvareleverandøren hadde deltatt på ulike vegprosjekter som i forskjellig grad var blitt gjennomført modellbasert.

Etter en god del planlegging fikk man gjennomført alle intervjuene i løpet av 14 dager. Av disse 14 ble 7 dager tilbragt i Oslo hvor 6 av intervjuene ble avholdt. Den teoretiske forståelsen til temaet gjorde det mulig å stille relevante oppfølgingsspørsmål der det var nødvendig for å bekrefte tolkningen av svaret, og å utdype der man følte svarene var mangelfulle.

Spørsmålene ble godt mottatt av intervjuobjektene. Det var få misforståelser relatert til spørsmålene, men det var noen presiseringer som måtte gjøres i forhold til definisjon av BIM og samordningsmodeller.

Deretter ble intervjuene delvis transkribert og oppsummert. Med dette menes at man lyttet til opptakene fra intervjuene og noterte den mest interessante informasjonen. Deretter ble dette renskrevet og oversendt til intervjuobjektene for at disse skulle bekrefte om det var noe som måtte endres eller tilføyes før dette skulle bli en del av oppgaven. Under transkriberingen la man merke til hvor mye man ikke får med seg under selve intervjuet. Alt fra hvordan personen ordlegger seg til hva som faktisk ble sagt. Det

var blant annet noen få ting som var vagere formulert enn det man innbilte seg i etterkant av intervjuet. Dette kan skyldes at man på forhånd hadde en formening av hvilke funn man skulle gjøre under intervjuene.

Man merket seg også ulike fallgruver slik som at det er vanskelig å unngå å stille ledende spørsmål, og at det krever mye å følge med på intervjuet samtidig med at man skal tolke dette og stille oppfølgingsspørsmål.

Utvalget av intervjuobjekter opplevdes som dekkende for å svare på problemstillingen. Antallet kunne vært større for å få flere synspunkter på temaet. Det var imidlertid stort samsvar mellom intervjuobjektene uttalelser.





## **3 TEORI**

I teorikapittelet vil det bli presentert teori som skal gi en forståelse av BIM og fordelene knyttet til dette i byggebransjen slik at man i diskusjonskapittelet kan vurdere hva som også er gjeldene i samferdselsbransjen. Dette fordi mesteparten av litteraturen som er skrevet om BIM er skrevet for bygg. Det vil også gis informasjon om Statens vegvesen, og deres håndbøker som benyttes for å styre prosjekter som baserer seg på henholdsvis 2D-tegninger, eller er modellbaserte og dermed benytter et antall 3D-modeller som grunnlag for produksjonen. I tillegg vil det bli presentert teori om ulike variabler som kan påvirke bruken av eller kvaliteten til en BIM-modell.

### **3.1 BETYDNINGEN AV BIM FOR DE ULIKE PARTENE**

Implementeringen av BIM har ulik betydning og verdi for de ulike aktørene i et prosjekt. I dette kapitlet er det forsøkt å samle de mest essensielle bruksområdene, og fordelene knyttet til de ulike aktørene. De neste tre delkapitlene baserer seg på teori fra følgende kilder: (Eastman et al., 2011), (Barnes and Davies, 2014), og (Vianova, 2015b)

I dette delkapitlet ser man nærmere på hva BIM betyr for de ulike partene i et vegprosjekt. Partene som det fokuseres på er byggherre, entreprenør, og prosjekterende. Dette inkluderes i oppgaven for å få en bedre forståelse av BIM, og gi innsikt i potensielle årsaker til at man ønsker å implementere dette i samferdselsbransjen. Det blir fokusert på hva som er bruksområdene til den enkelte bruker, hvilke fordeler han har av bruken, og eventuelle utfordringer. Det starter med byggherren sitt bruksområde med BIM, og hvilke potensielle fordeler og utfordringer BIM kan gi for denne parten. Det meste av informasjonen i dette kapitlet er hentet fra BIM litteratur som omhandler bruk av BIM i byggebransjen, og effekter av BIM i byggebransjen. Det er derfor hentet inn informasjon fra en av de store programleverandørene i Norge som leverer BIM-verktøy for å forsøke å få kunnskap om hvilke av disse effektene som også potensielt er gjeldende for samferdselsbransjen.

#### **3.1.1 BIM FOR BYGGHERRE**

For byggherre har bruken av BIM flere potensielle bruksområder og fordeler. Visualisering ved hjelp av 3D-modellen gir byggherre en bedre forståelse av hva som skal bygges på et tidlig stadium i prosjektet, og derved en mulighet til å påvirke det endelige resultatet tidligere. Visualiseringen er også et godt grunnlag til å basere beslutninger på, og til markedsføring inn mot overordnede beslutningstakere, eksempelvis politikere som skal bevilge penger til det aktuelle prosjektet. Modellen vil også være grunnlag for mer nøyaktige kostnadsestimater på et tidlig stadium. Modellen kan benyttes gjennom hele prosjektet til å holde bedre kontroll på kostnader gjennom at man har bedre oversikt over mengder, og materialer. Dette fører til en potensielt lavere risiko knyttet til kostnader. Modellen fasiliterer også til færre prosjekteringsfeil gjennom kollisjonskontroll mellom fagmodeller. Dette fører til lavere total kostnader da man har færre kostbare endringer som må skje under byggingen av prosjektet. Kvaliteten på sluttproduktet vil også kunne bedres ved bruk av BIM fordi man gjennom

visualiseringsevnen, og endringer i modell kan vurdere flere løsninger tidlig i prosjektet. Modellen er også grunnlag for såkalt as built-dokumentasjon som vil si en dokumentasjon av egenskapene til det ferdige anlegget eller produktet.

### **3.1.2 BIM FOR PROSJEKTERENDE**

Den prosjekterende parten i et prosjekt skal tegne, og prosjektere bygningen eller anlegget i form av en 3D-modell eller BIM modell. Denne måten å jobbe på fører til at de ulike fagdisiplinene gjennom BIM-modellen får en visualisering og forståelse av det de andre fagdisiplinene prosjekterer. Det gir også en økt forståelse for de andre prosjekterende sine løsninger. BIM har potensialet til å forenkle og forbedre prosessen. Dette blant annet gjennom muligheten til å modellere flere alternative løsninger i modellen som kan sammenliknes før endelig løsning velges. BIM fasiliterer til full koordinering mellom de ulike fagene og kan hindre kollisjoner mellom de ulike fagene i modellen, og hindre andre typer prosjekteringsfeil og unnlater. I tillegg til kontrollen man får mellom de ulike fagdisiplinene vil det også være en bedret egenkontroll gjennom 3D-modellens visualiserende egenskap.

Det vil også bli enklere å visualisere ovenfor beslutningstakere, og andre prosjekterende som vil gi en bedre kommunikasjon deltakerne i mellom. Gjennom masse og mengde analyse i modellen vil det også være mulig å estimere kostnadene til prosjektet på et tidlig tidspunkt.

Når man har etablert en BIM-modell vil man også enkelt kunne generere 2D-tegninger til leveranse ut ifra modellen i enhver fase av prosjektet. Dette gjøres ved å ta ut såkalte snitt som er et tverrsnitt av modellen i et hvilket som helst plan. Denne kan så målsettes og genereres som en arbeidstegning.

### **3.1.3 BIM FOR ENTREPRENØREN**

Entreprenøren er den utførende part i et vegprosjekt. Det vil si at det er han som skal bygge det som er prosjektert i prosjekteringsfasen. Entreprenøren kan benytte BIM modellen til å bygge etter. Modellen benyttes eventuelt i kombinasjon med tegninger som kan være aktuelt på enkelte områder. Enten alene eller en modell som er supplert med tegninger, hvor tegningene er ekstrahert fra modellen.

En 3D-modell er først og fremst et godt visualiseringsverktøy. Visualiseringen gir entreprenøren en økt forståelse av hva det er som skal bygges. Det blir dermed enklere for han å komme med innspill til det som er prosjektert av prosjekterende. Modellen gjør det enklere å remodellere for å undersøke flere mulige gjennomføringsmåter. Dette med tanke på hvordan ting skal bygges. Logistikk, bygge-sekvenser/rekkefølge, fremdriftsplanlegging gjennom 4D BIM (tid knyttet til modellen) og "hva hvis" scenarioer blir enklere å forstå når dette blir presentert i 3D-modellen på en illustrativ og virkelighetsnær måte. I tillegg vil modellen kunne gi ut materialister og volumer som er viktig både i tidlig estimering av kostnader, og ved prising av konkurransegrunnlag. Dette fører til at man kan gjennomføre mulighetsanalyser på prosjekter for å se om det er mulig å gjennomføre prosjektet innenfor mulige økonomiske rammer.

3D-modellen vil også gi oppdatert informasjon til anleggsplassen på en mer effektiv måte gjennom deling av data. Det vil også potensielt kunne bli færre kostnadsdrivende feil på byggeplass grunnet bruk av BIM i tidlig fase slik at feil kan lukes ut før de kommer dit.

#### **3.1.4 BIM UTFORDRINGER**

Det er en del potensielle fordeler knyttet til bruken av BIM som tidligere nevnt, men det er også en del utfordringer som potensielt kan oppstå. Disse utfordringene utarter seg både under implementering av BIM, og ved bruk av BIM.

En BIM-modell er satt sammen av ulike 3D-modeller som er prosjektert av de ulike fagdisipliner som deltar i prosjektet. Disse benytter ikke nødvendigvis samme programvare for å utføre sin del av prosjekteringen. Når disse modellene fra de ulike programvarene skal settes sammen kan det oppstå feil i modellen, og dette kan være tidkrevende å rydde opp i. Disse problemene kan potensielt løses ved bruk av den åpne standarden for dataformat kalt IFC. (Eastman et al., 2011) Dette formatet har ennå ikke kommet til samferdselsbransjen, men lanseringen av den første versjonen av IFC for samferdsel kalt IFC-alignment ble godkjent av samarbeidspartnerne som endelig standard i juli i år (2015). Dette skal i henhold til buildingSMART international være grunnlaget for de neste prosjektene IFC-road, IFC-bridge, og IFC-rail. (BuildingSMART International, 2015)

Implementeringen av BIM reiser en del spørsmål med hensyn på juridiske utfordringer knyttet til arbeidsmetoden. 3D-modellen er i sentrum av et BIM prosjekt i stede for 2D-tegninger. Dette medfører at man går fra et fysisk produkt i 2D-tegningen til et virtuelt produkt i 3D-modellen. De juridiske utfordringene rundt dette er knyttet til spørsmål som: Hvem eier 3D-modellen?, Hvem betaler for den?, og Hvem er ansvarlig for 3D-modellens nøyaktighet?. Dette krever nye kontraktstandarder som er egnet til bruk av 3D-modellen. (Eastman et al., 2011)

BIM metodikken oppfordrer til at man tar i bruk kunnskap om utførelse tidlig i prosjektet gjennom tidlig involvering av entreprenør, og da samarbeid rundt en modell som også er egnet for byggefasen. Den som lettest vil kunne få til dette er en totalentreprenør under et totalentrepriseprojekt (se kapittel 3.7.2) som kan koordinere alle fasene i prosjektet. Dette i tillegg til at en felles BIM-modell vil danne grunnlag for alle faser, prosesser, og samarbeide mellom partene i et prosjekt er en av de største forandringene BIM vil føre til i bransjen. Denne forandringen man må gjennom ved implementering av BIM er utfordrende og vil kreve et kunnskapsløfte i bransjen, i tillegg til at forandringsprosessen kan forventes å være tidkrevende. (Eastman et al., 2011)

Implementeringen av BIM i en bedrift er en ressurskrevende og utfordrende prosess som krever mer en bare en investering i BIM-programvare, nytt datautstyr, og kursing av ansatte. For å få til effektiv utnyttelse av potensialet som ligger i BIM må man implementere det på riktig måte. Det krever en endring i hvordan store deler av en bedrift skal drives. For å få til endringen på en forsvarlig måte bør man ha en leder for BIM implementeringen på et strategisk plan. I tillegg bør man ha ledere på lavere nivåer som kan styre prosessene, og sørge for at man får ønsket effekt av implementeringen.

Prosjektene man skal implementere BIM på i startfasen bør være små av størrelse, og gjerne utføres parallelt med tradisjonelle metoder slik at man får en oversikt over hvordan gjennomføringen må være for å erstatte den gamle metoden, og i tillegg gi den samme informasjonen. (Eastman et al., 2011)

### **3.2 BIM-DIMENSJONER**

BIM-dimensjoner er knyttet til hvordan BIM-modellen benyttes, og i hvilken sammenheng. Dette er en måte å kategorisere bruken av modellen slik at man lettere kan forstå bruksområdene til BIM og forsøke å koble disse til hvordan BIM-modellen blir benyttet i vegprosjekter i Norge.

2D er tegninger som er todimensjonale enten i det horisontale eller vertikale planet. Eksempler er tverrsnitt, langsgående snitt, og plan.

3D her får man inn den tredje dimensjonen høyde. Det er nettopp en tredimensjonal datamodell man tenker på når man snakker om BIM. Prosjektet vises da i 3 dimensjoner i en datamodell. Det er på byggeprosjekter (bygg) meningen at man skal benytte modellen til å generere snitt og visningsbilder av modellen som plottes på tegninger. Altså blir modellen utgangspunktet for produksjonen av 2D-tegningene.

4D er den fjerde dimensjonen. Her knyttes tid til 3D-modellen. Dette fører til at modellen kan benyttes til fremdriftsplanlegging, faseplanlegging, og planlegging av hvilken rekkefølge man skal bygge de ulike konstruksjonene i. Dette kan så visualiseres gjennom en video av fremdriften. Dette kan i tillegg benyttes til å koble inn HMS ansvarlige for å få en forståelse av farlige situasjoner som kan oppstå forteller Barnes and Davies (2014).

5D handler om at man knytter kostnader til objekter, mengder, og volumer som modellen består av. Dette kan benyttes til enkle kostnadsoverslag i tidlig fase, eller til kompliserte kostnadsoverslag i en anbudsfasen.

De følgende er ikke mye brukt og de har en litt varierende betydning.

6D innebærer at levetidsaspekter som drift og vedlikehold blir lagt inn i BIM-modellen. Altså at man knytter drift og vedlikeholds informasjon til objektene i modellen som dermed kan benyttes i drift- og vedlikeholdsfasen.

7D BIM handler om at modellen kobles opp mot standarder for som stiller krav til utførelse og gjennomføring av prosjektet. Man vil dermed få en automatisk kontroll på om utførelsen og prosjekteringen er i henhold til de kravspesifikasjoner som gjelder til enhver tid.

(Kensek, 2014)

### **3.3 DATAFORMATER**

Datautvekslingsformater som fungerer sømløst på tvers av ulike dataverktøy som blir benyttet i samferdselsprosjekter er en forutsetning for at man skal kunne jobbe optimalt i et BIM prosjekt. I mangel av et standardisert uavhengig format slik som man har for bygg i form av IFC (Industry Foundation Classes) benyttes DWG formatet av mange aktører i bransjen. Mye på grunn av den store markedsandelen Autodesk har opparbeidet seg i Norge. Dette formatet er ikke ideelt når det kommer til BIM. Dette fordi det ikke er noen enkel standardisert måte å knytte egenskaper til objekter i modellen. IFC er et format som tar utgangspunkt i aksesystem i motsetning til vegprosjektering hvor man i stor grad baserer seg på referanselinjer. En utfordring er at IFC ikke inneholder håndtering av referanselinjer. Det er i dag blant annet to store internasjonale samarbeidsgrupper som jobber med å få til et liknende format til samferdsel. Disse to er OGC (Open Geospatial Consortium) som jobber med et format kalt GML, og buildingSMART som jobber med IFC for samferdsel. Disse samarbeider også på tvers slik at de kan komme frem til en felles fremgangsmåte å løse problemene på. Blant annet ved at en referanselinje skal ha samme betydning i begge formatene. (Idar Kirkhorn, 2015)

Statens vegvesen er underlagt blant annet lov om offentlige anskaffelser og ”referansekatalogen for IT-standarder for offentlig sektor”. Dette gjør at de som byggherre i vegprosjekter er pålagt å bestille vegprosjekter på åpne formater. Det som kreves i håndboken i dag er LandXML i tillegg til dataens originale format. LandXML er et åpent format, men man har ikke formater til å håndtere alle data som skal leveres i vegprosjekter i dag. Det er derfor nødvendig å benytte en kombinasjon av produktavhengige og åpne formater inntil man har åpne formater tilgjengelig til overlevering av alle data. (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2015)

### **3.4 STATENS VEGVESEN- ORGANISERING AV HÅNDBØKER**

I dette delkapittelet vil det gis informasjon om hvordan Statens vegvesen sine håndbøker er organisert, for å gi et innblikk i hvordan man skal forholde seg til de ulike kategoriene av håndbøker. Delkapittelet er basert på informasjon fra statens vegvesen sine nettsider (Statens vegvesen, 2014)

Håndbøkene til Statens vegvesen inneholder informasjon om gjennomføringen av vegprosjekter i Norge. Innholdet består blant annet av krav til veg og gateutforming, bygging av veg, tunneller, bruer, ferjekaier, rekkverk og trafikksikkerhetsutstyr. Statens vegvesen sine håndbøker er delt i 3 ulike kategorier. De ulike kategoriene er normaler, retningslinjer, og veiledninger. På omslaget til håndbøkene er det en farget strek der oransje farge omfatter normaler, grønn strek omfatter retningslinje, og blå farge viser til veiledninger. Håndbøkene er hierarkisk inndelt i 2 ulike nivåer. Nivå 1 består av normaler og retningslinjer. Nivå 2 består av veiledninger.

Nivå 1 er kravdokumenter som er hjemlet i lovverket eller instruks fra vegdirektøren. Normalene på nivå 1 er de viktigste håndbøkene i hierarkiet. Disse dokumentene gjelder

alle offentlige veger og gater samt Statens vegvesen og andre myndigheter. Retningslinjer gjelder kun riksveger og Statens vegvesen. Kravdokumentene gjelder også for konsulenter og entreprenører som utfører prosjekter for Statens vegvesen. Normalene er overordnet de to andre kategoriene, og det er disse som er gjeldene dersom det ikke er samsvar mellom de ulike dokumentkategoriene. Dersom det skal utføres noe på en annen måte enn det som er gitt i normaler eller retningslinjer må dette avvikbehandles. Det må altså begrunnes hvorfor man velger å benytte andre løsninger, og dette må godkjennes av rett instans.

Nivå 2 består av veiledninger. Disse dokumentene gir faglig informasjon utover det som står i normalene og retningslinjene som et supplement til disse. Veiledningene gir også detaljert informasjon om hvordan kravene i kravdokumentene kan brukes.

### **3.5 HÅNDBOK R700-TEGNINGSGRUNNLAG**

I tegningsbaserte prosjekter vil det bli produsert tegninger av de ulike fagdisiplinene som bidrar i prosjekteringen. Gjennom tegninger utveksles informasjon på ulike nivåer, og om ulike faser av et prosjekt. En tegning uten krav til innhold, format, og struktur vil kunne tolkes på ulike måter avhengig av hvem som produserer tegningene, og hvem som er mottaker. Håndbok R700 (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2014a) stiller krav til hvordan tegninger skal formateres, og navngis. Hver tegningstype er tildelt en bokstav slik at det skal være lettere for mottaker å vite hva tegningen skal beskrive. Håndboken har også mange eksempler på hvordan tegninger bør utføres. Håndboken legger vekt på at tegningene skal være lesbare, og inneholde en moderat mengde informasjon.

### **3.6 HÅNDBOK V770-MODELLGRUNNLAG**

Her vil det bli gitt informasjon om håndbok V770. Informasjonen i kapittelet er basert på forfatterens forståelse av, og informasjon gitt i håndboken (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2014b).

Håndbok V770-Modellgrunnlag er utgitt av Statens vegvesen som veileder. Denne håndboken gjelder i sin helhet for prosjekter som utføres modellbasert. Deler av håndboken gjelder også for tegningsbaserte prosjekter med unntak av kapittel 3 som gjelder modeller og arbeidsprosessen knyttet til disse. Formålet med denne håndboken er i følge Statens vegvesen and Vegdirektoratet (2014b) å bidra til

- *entydige kvalitetskrav til grunnlagsdata*
- *3D-prosjektering i alle fag*
- *standardiserte beskrivelser av modeller*
- *standardiserte beskrivelser av objekter*
- *bruk av åpne, standardiserte formater*
- *bruk av modeller som arbeidsgrunnlag i byggefase*
- *standardisering av sluttdokumentasjon fra prosjektfaser*

Håndboken er delt inn i følgende fire kapitler: 1. Dokumentasjon av utbyggingsprosjekter, 2. Grunnlagsdata, 3. Modeller, og 4. Partenes roller og oppgaver.

Håndboken gir en oversikt over ulike typer informasjon som benyttes i utbyggingsprosjekter. Den beskriver hvordan informasjonsflyten skal foregå i forhold til hvilken type informasjon det er snakk om, og hvilket format informasjonen skal leveres og bestilles på. Prosessen med kvalitetssikring og endringsvarsling er også en del av innholdet. Modeller som er det største kapittelet i denne håndboken gjelder kun modellbaserte prosjekter. Dette kapittelet går i detalj på hvilke typer modeller som benyttes i ulike faser av prosjektet, og hvilken type informasjon disse skal gi til brukeren. Det er også beskrevet hva modellene skal inneholde av objekter og informasjon. For at informasjonsflyten skal kunne foregå på tvers av fagdisipliner legger også håndboken føringer på bruk av åpne formater, og hvordan modellene skal navngis og organiseres ved lagring. Avslutningsvis beskrives partene i prosjektet (Byggherre, Prosjekterende, og Utførende) sine roller, og hvilke forpliktelser og leveranser som forventes av de ulike.

### **3.6.1 3D-MODELLENS BRUKSOMRÅDER ETTER HÅNDBOK V770**

Ved vegprosjekter i Norge som utføres modellbasert gjelder håndbok V770 i sin helhet. Dette kapittelet baserer seg på siste utgave av håndboken (Statens vegvesen and Vegdirektoratet, 2015) som publiseres høsten 2015. Som nevnt i kapittel 3.6 som omhandler håndbok V770 er ikke dette et kravdokument per dags dato. Dersom det besluttes i utarbeidingen av konkurransegrunnlaget at prosjektet skal utføres modellbasert fremfor tegningsbasert gjelder håndboken i sin helhet som veiledende dokument til gjennomføringen av prosjektet. Om prosjektet utføres modellbasert utelukker det imidlertid ikke bruk av tegninger. Hvilke punkter som skal fravikes fra Håndbok V770, og hva som skal være tegningsbasert etter R700 spesifiseres også i konkurransegrunnlaget til både entreprenøren og den prosjekterende. Håndboken gir en fremgangsmåte som tar utgangspunkt i en utførelsesentreprise hvor entreprenøren har ansvar for utførelsen. Det er her forsøkt å gi en kort innføring i håndbokens omtale av 3D-modeller, og bruken av disse slik at begrensningene til oppgaven og resultatene blir klarere for leseren.

Det er mange forskjellige navn på 3D-modeller som benyttes i et modellbasert vegprosjekt. Hva man kaller modellen avhenger av hvilken fase av prosjektet man befinner seg i, hvilket detaljnivå modellen har, og hvilke ulike delmodeller modellen er satt sammen av. Overordnet er det fire ulike modelltyper, disse er **grunnlagsmodeller**, **fagmodeller**, **tverrfaglige modeller/samordningsmodell**, og **presentasjonsmodell**.

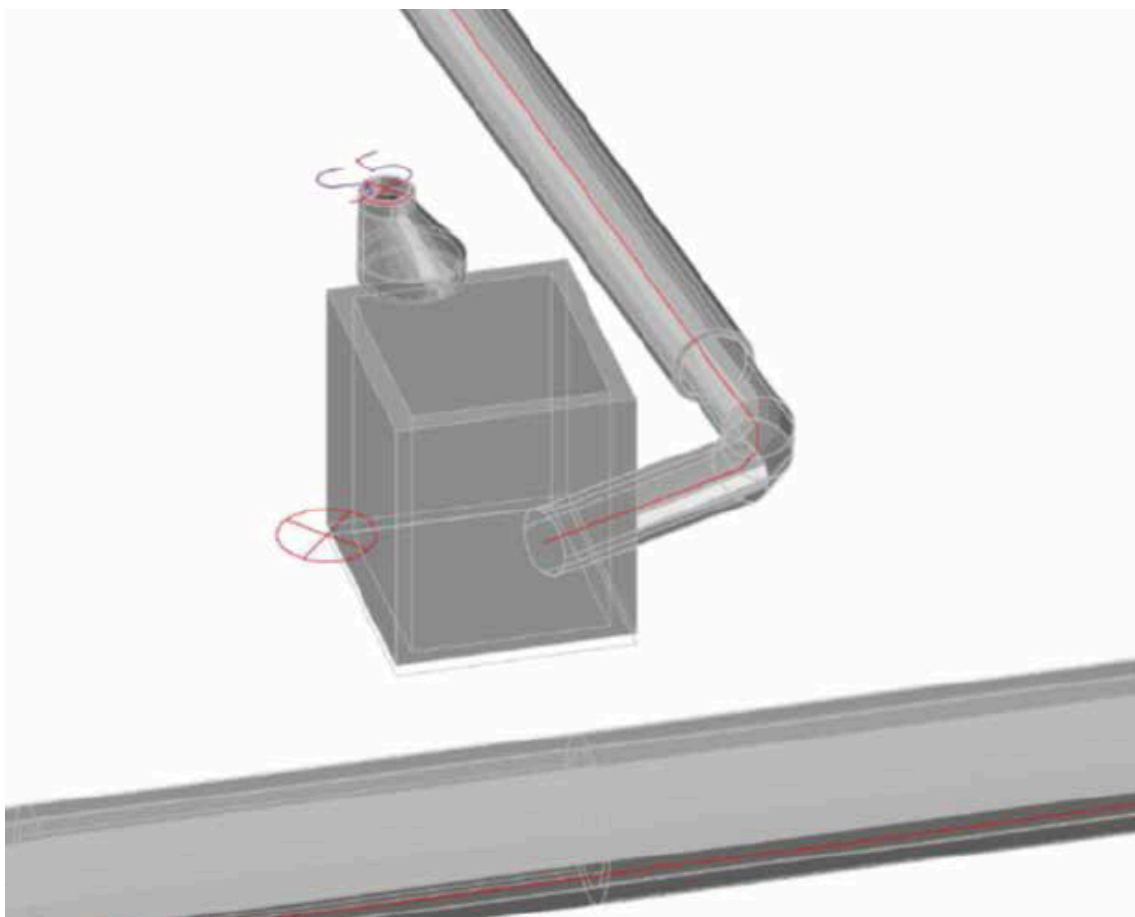
**Grunnlagsmodeller** beskriver eksisterende situasjon, altså hvordan området som prosjektet skal gjennomføres i ser ut i dag. Grunnlagsmodellen kan bestå av fire delmodeller som kan vises separat, terrengmodell, grunnforholdsmodell, eksisterende objekter, og administrative forhold som blant annet innebærer eiendomsgrenser, vernesoner, og faresoner. Grunnlagsmodellen alene gir kun informasjon om eksisterende situasjon. Det er når denne kombineres med fagmodellen at modellen kan benyttes under utførelsen. Figur 5 viser et eksempel på en grunnlagsmodell som viser den eksisterende situasjonen i et prosjekt.



FIGUR 5 – GRUNNLAGSMODELL (STATENS VEGVESEN AND VEGDIREKTORATET, 2015)

**Fagmodeller** er som navnet antyder modeller for ulike fag. Fagmodellene beskriver nye tiltak (veg, grøft, belysning, rekkverk med mer) som skal bygges i prosjektet. De ulike prosjekterende fagene produserer sine respektive modeller som inneholder alt de har ansvaret for å prosjektere av objekter i modellen. Fagmodellene skal ikke være overlappende, men være tilpasset inn mot grensesnitt til andre fagdisipliner. Eksempler på ulike fagdisipliner er veg, VA, og elektro. Veg vil typisk ha ansvar for at hele vegen er definert med overbygning, grøfter, og skråningsutslag. VA har ansvaret for at eksempelvis dreneringssystemer med rør og kummer er modellert. Elektro på sin side vil ha ansvar for å modellere elektriske komponenter som for eksempel veibelysning. Fagmodeller i kombinasjon med grunnlagsmodeller benyttes av entreprenøren til å bygge etter. Det kan også produseres arbeidstegninger ut i fra disse modellene dersom nødvendig. Ved å kombinere disse fagmodellene vil man kunne hente ut massevolumer, maskinstyringsdata og stikningsdata fra modellen. Dette må da eksporteres til et dataformat som kan leses av styringsenheten i anleggsmaskinene. Fagmodellen er en del av grunnlaget for samordningsmodellen. Figur 6 viser et eksempel på en fagmodell hvor et fag vises isolert.





FIGUR 6 – FAGMODELL (STATENS VEGVESEN AND VEGDIREKTORATET, 2015)

**Tverrfaglige-/samordnings- modeller** er fagmodellene satt inn i grunnlagsmodellen. Denne viser hvordan tiltakene som er planlagt blir når det settes inn i eksisterende situasjon. Håndboken omtaler denne modellen som en ”fremtidsmodell” fordi den nettopp viser hvordan prosjektområdet vil se ut i fremtiden når tiltakene er gjennomført. Den tverrfaglige modellen benyttes blant annet til å koordinere og kvalitetssikre prosjekterende fag. Tverrfaglig modell legges også til grunn ved beslutningsprosesser for å presentere utvikling av, og ulike løsninger for beslutningstakere, prosjektdeltakere, og publikum. Fremdriftsplanlegging, prosjektstyring, og tekniske avklaringer er også prosjekt aktiviteter hvor visualiseringen til den tverrfaglige modellen er nyttig. Figur 7 viser et eksempel på en samordningsmodell som viser alle fag samlet i en modell.



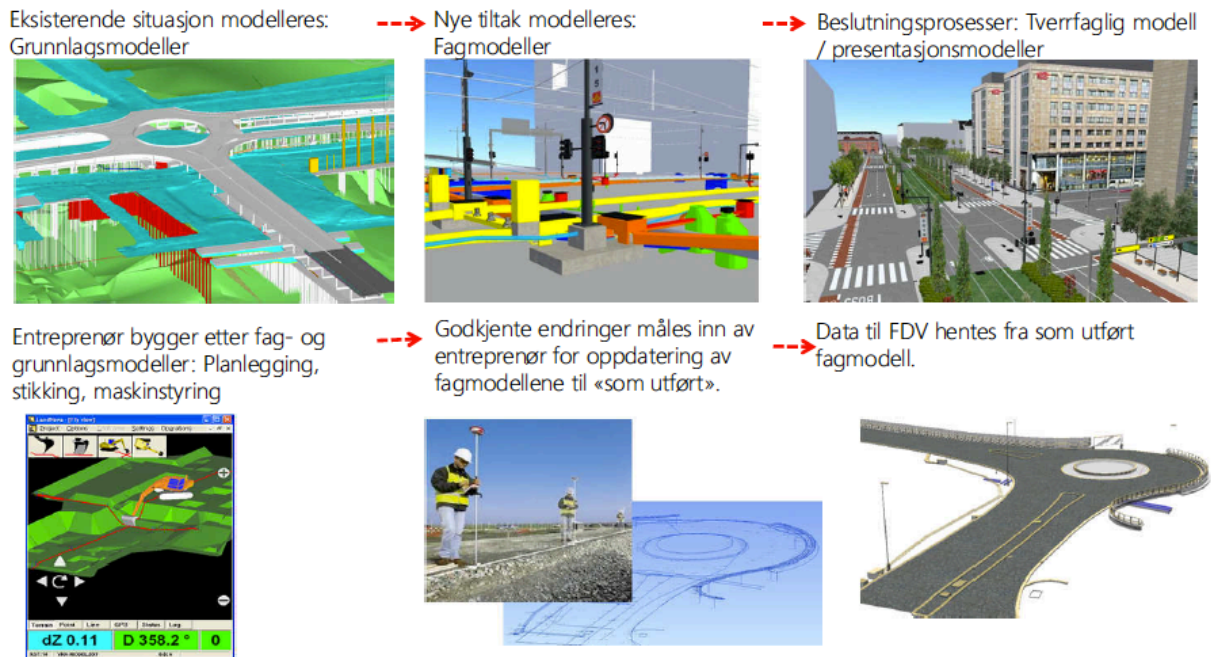
FIGUR 7 – TVERRFAGLIG- / SAMORDNINGS-MODELL (STATENS VEGVESEN AND VEGDIREKTORATET, 2015)

**Presentasjonsmodell** er en kraftig visuell oppgradering av den tverrfaglige modellen. Denne modellen inneholder en virkelighetsnær presentasjon av det ferdige prosjektet slik det vil se ut etter ferdigstilling. Her har man gjerne lagt inn detaljer som virkelighetsnære farger på vegetasjon, og det som er bygget samt omkringliggende områder. Modellen gir gjerne en visualisering med både biler og mennesker slik det antatt vil se ut når anlegget er tatt i bruk av publikum. Denne modellen brukes blant annet til å produsere bilder og videoer av det ferdige prosjektet. Presentasjonsmodellen er på lik linje med tverrfaglig modell et viktig visualiseringsredskap ovenfor beslutningstakere, og publikum. Figur 8 viser et eksempel på en presentasjonsmodell hvor man har lagt enda mer arbeide i å finpusse modellen med visuelle detaljer. Dette kan være biler som kjører på veggen, vann, trær, og mennesker. Dette er ting som ikke har noen faglig relevans, men som gir en mer virkelighetsnær effekt.



FIGUR 8 – PRESENTASJONSMODELL (STATENS VEGVESEN AND VEGDIREKTORATET, 2015)

I Figur 9 vises et bildeforløp som illustrerer både de ulike modelltypene, og hvordan de blir brukt i prosessen.



FIGUR 9 - MODELLBASERT PROSJEKTERING (THORSEN AND TØNDEL, 2014)

### 3.7 ENTREPRISEFORMER

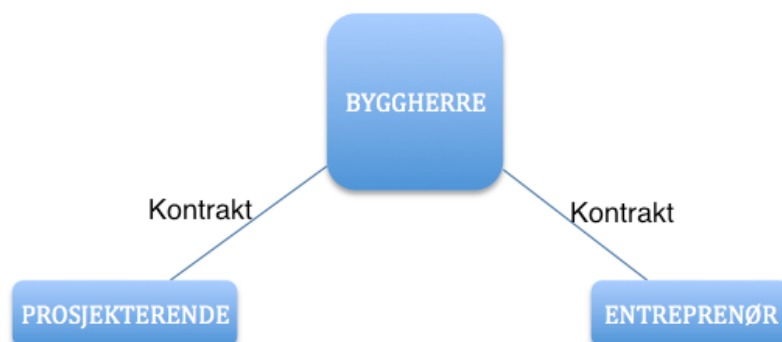
Entrepriseformer handler om hvordan de ulike partene i et bygge- og anleggsprosjekt skal forholde seg til hverandre rent kontraktsrettslig, og dermed hvilken risiko de ulike partene er eksponert for. (Hagstrøm and Bruserud, 2014).

I det følgende presenteres de to hovedformene av entrepriser, totalentreprise og utførelsesentrepriser. Det finnes også andre entrepriseformer som OPS (offentlig privat samarbeidet), men i denne oppgaven fokuseres det på utførelsesentreprise som er mest brukt av Statens vegvesen, og totalentreprise som kan være trenden fremover (Statens vegvesen, 2015). Det blir her gitt en enkel beskrivelse av entrepriseformene for å gi bakgrunnsinformasjon om gjennomføringsmodeller. For utfyllende informasjon henvises det til følgende kilder. (Direktoratet for forvaltning og IKT, 2015), (Lædre, 2009), og (Hagstrøm and Bruserud, 2014).

#### 3.7.1 UTFØRELSESENTREPRISER

Utførelsesentrepriser er en samlebetegnelse for delte entrepriser, hovedentreprise, og generalentreprise. (Direktoratet for forvaltning og IKT, 2015) Utførelsesentreprise er den vanligste entrepriseformen brukt i norske vegprosjekter i dag. (Oslo Economics, 2015) I en utførelsesentreprise er det vanlig at byggherre står for prosjekteringen, og entreprenøren for utførelsen. (Hagstrøm and Bruserud, 2014)

Det som blant annet skiller de ulike utførelsesentreprisene er hvordan utførelsen er fordelt, hvor mange kontrakter den er fordelt på, og størrelsesforholdet mellom de ulike kontraktene. Ved delte entrepriser er utførelsen delt i de ulike fagene, og byggherre har kontrakt med entreprenører for alle fag i prosjektet. Hovedentreprisen fordeler utførelsen slik at en hovedentrepriser kontraheres til byggingen av prosjektet mens byggherre har egne kontrakter med de ulike tekniske fagene som inngår. Generalentreprisen som er den siste av de tre samler hele utførelsen hos en entreprenør slik som i en totalentreprise, men her har byggherre selv ansvar for prosjekteringen. (Direktoratet for forvaltning og IKT, 2015) Følgende figur illustrerer utførelsesentreprisen i sin enkleste form.



FIGUR 10 – UTFØRELSESENTREPRISE FRITT ETTER (HAGSTRØM AND BRUSERUD, 2014)

Nedenfor er det listet opp noen fordeler og ulemper ved valg av utførelsesentreprise som gjennomføringsmodell.

### **Fordeler**

- *Byggherrens styring og innflytelse i prosessen er stor.*
- *Det foreligger priser som kan benyttes ved endringsarbeider.*

### **Ulemper**

- *Tiden det tar å få prosjektet ferdig er normalt lengre enn ved andre modeller fordi prosjekteringen i større grad må gjøres ferdig før utførelsen kan påbegynnes.*
- *Byggherren har ansvaret for gråsoner/mangler mellom kontraktene, inklusive for arbeidsunderlaget fra de prosjekterende.*

(Direktoratet for forvaltning og IKT, 2015)

Utførelsesentreprise (litteraturen bruker det engelske uttrykket design-bid-build) er en entreprisform som begrenser den fulle utnyttelsen av BIM og de potensielle fordelene som følger av bruken. Dette på grunn av at entreprenøren ikke blir involvert før prosjekteringsfasen er over og 3D-modellen er ferdig. Da har ikke entreprenøren fått påvirke modellen i retning av en byggbar modell som nevnt tidligere. Ergo får man her ikke jobbet forebyggende med problemer som kan oppstå under byggetiden med en tidlig involvert entreprenør. Dette vil imidlertid ikke si at man utelukker potensielle fordeler ved bruk av BIM i en utførelsesentreprise. Fordeler som kan oppnås i en utførelsesentreprise er at BIM-modellen gir entreprenøren et godt grunnlag til å koordinere fag som elektro og vann og avløp. Modellen gir en meget god forståelse til alle parter når man jobber i 3D som 2D-tegningene ikke gav tidligere. I tillegg kan man avhengig av kvaliteten på modellen oppnå at det blir enklere for entreprenøren å utføre kalkulasjoner for å prise prosjektet. (Hardin and McCool, 2015)

#### **3.7.2 TOTALENTPRISER**

I en totalentreprise er det entreprenøren som står for prosjekteringen og utførelsen i prosjektet. En måte å organisere en slik entreprisform er at det foreligger en kontrakt mellom byggherre og entreprenør som omfatter prosjektering og bygging av prosjektet. Entreprenøren kan så kontrahere inn et rådgivende ingeniørfirma til prosjekteringen. (Hagstrøm and Bruserud, 2014). Gjennom denne organiseringsformen flyttes mye av risikoen over på totalentreprenøren med tanke på prosjektets avtalte gjennomføringstid, kostnad, og kvalitet. En konsekvens av at byggherre skyver risikoen over på totalentreprenør er at totalentreprenøren da vil legge inn tillegg i prisen for å bære risikoen. (Lædre, 2009). Ved en totalentreprise er det vanlig at byggherre stiller en rekke funksjonskrav til prosjektet. Dette kan eksempelvis være et referanseprosjekt (for veg vil referansen være reguleringsplan og funksjonskrav). (Hagstrøm and Bruserud, 2014). Ved bruk av referanseprosjekt er det enklere for entreprenøren å forstå hva byggherre ønsker av funksjoner til det ferdigstilte prosjektet. Entreprenøren må da velge hvordan fremgangsmåte han skal benytte for å tilfredsstille disse spesifikasjonene. Dette kan være kostnadsbesparende for byggherre da entreprenøren selv vet best hvordan prosjekteringen kan tilpasses entreprenørens gjennomføringsmetoder. (Lædre, 2009) I Figur 11 totalentreprisen illustrert i sin enkleste form.



FIGUR 11 - TALENTREPRISE FRITT ETTER (HAGSTRØM AND BRUSERUD, 2014)

Følgende er noen fordeler og ulemper knyttet til totalentreprise som gjennomføringsmodell.

#### **Fordeler**

- *Entrepriseformen krever mindre arbeidsinnsats på byggherresiden enn utførelsesentreprise.*
- *Entrepriseformen gir en bedre oversikt over kostnader i prosjektet på et tidlig tidspunkt.*
- *Byggherre får færre, som oftest en, kontraktspartner å forholde seg til.*

#### **Ulemper**

- Dersom byggherren må gjøre endringer underveis, har man ikke enhetspriser og lignende å legge til grunn for beregning av kostnad. Byggherren må da selv ha oversikt over og kunne vurdere grunnlaget entreprenøren gir for sine endringstilbud.

(Direktoratet for forvaltning og IKT, 2015)

Spørsmålet når man skal se på hvilken entrepriseform som passer best å benytte ved et BIM-prosjekt er i hvilken grad man skal påvirke de potensielle effektene i positiv retning. Dette er avhengig av når i prosessen det samarbeides rundt en eller flere modeller. Totalentreprise (litteraturen benyttet det engelske uttrykket design-build) er en av entrepriseformen som Statens vegvesen blant annet benytter i sine prosjekter som virkelig legger til rette for BIM. Dette fordi man har samlet prosjektering og utførelse i en kontrakt, og gjør det derfor mulig å samarbeide tidlig rundt en eller flere modeller. (Eastman et al., 2011) Totalentreprisen legger også til rette for det som regnes som viktigste steget for å få full effekt av bruken av BIM. Dette steget innebærer at man kan

samarbeide rundt modeller som er egnet for bygging gjennom hele prosessen grunnet tidlig involvering av entreprenør. Dette gjør at man kan jobbe forebyggende med utfordringer som kan komme senere i prosessen i stede for å hankes med disse problemene når de oppstår. (Hardin and McCool, 2015)

### **3.7.3 STATENS VEGVESEN OG ENTREPRISEFORMER**

Utførelsesentreprise er i dag som tidligere nevnt den vanligste gjennomføringsmodellen i vegprosjekter i Norge. Totalentrepriser har vært benyttet men i mindre omfang enn utførelsesentrepriser. En rapport som er utført av Oslo Economics (2015) på bestilling av Veidekke viser at det kan gi en samfunnsøkonomisk gevinst å endre gjennomføringsmodell til totalentrepriser. Prosjektene som er analysert er de prosjektene som er planlagt gjennomført de neste 2,5 årene. Rapporten konkluderer med at det potensielt kan føre til en kostnadsbesparelse på rundt 950 millioner kroner ved å endre gjennomføringsmodellen til totalentreprise forutsatt at betingelsene for valg av totalentreprise er til stede. Det er understreket at totalentreprise ikke er egnet for alle prosjekttyper, men å innføre entreprisformen der betingelsene ligger til rette for dette vil kunne gi besparelser for Statens vegvesen. (Oslo Economics, 2015) Etter at rapporten ble presentert under Arendalsuka kom temaet om økt bruk av totalentrepriser på dagsorden. Statens vegvesen har lest rapporten, og er enige i resultatene. De har sagt at de ønsker økt bruk av totalentrepriser, men de understreker også i likhet med rapporten at det ikke passer i alle prosjekter. (Statens vegvesen, 2015)

## **3.8 MÅLBARE EFFEKTER AV MODELLBASERT VEGPROSJEKTERING I NORGE**

Det finnes en rekke analyser og casestudier som er gjennomført i byggebransjen med tanke på effekter av BIM implementering. Det er ikke alle effektene av BIM implementering som er målbare, men som eksempler fra byggebransjen har Azhar (2011) sett på målte effekter av BIM implementering i et utvalg på 10 prosjekter hvor det ble kalkulert ROI (return of investment) altså i dette tilfellet besparelser delt på kostnader. I de ulike prosjektene registreres kostnader knyttet til implementering av BIM, og hvilke kostnadsbesparelser man hadde som et direkte resultat av implementeringen under prosjekteringen. Bryde et al. (2013) er et annet eksempel hvor det ble registrert effekter av BIM implementering i prosjekter. Her ble det samlet inn erfaringer fra 35 prosjekter hvor de registrerte antall positive, og negative effekter vedrørende blant annet kostnadsbesparende og tidsreduserende effekter ved bruk av BIM i de ulike prosjektene.

Innen samferdsel hvor BIM-utviklingen er i en tidlig fase har det ikke vært utført samme omfang av økonomiske analyser. I Norge har det blitt gjennomført én analyse hvor man har sammenliknet ulike prosjekter som har blitt gjennomført modellbasert etter håndbok V770 med prosjekter som har den tradisjonelle tegningsbaserte gjennomføringen etter håndbok R700 – tegningsgrunnlag. I (Thorsen and Tøndel, 2014) er analysen som er utført av Vianova presentert. Resultatene fra denne analysen er vist i tabellen nedenfor.

Prosjektnavn	Nøkkelinformasjon							
	Kontraktstype	Prosjektmetode	Kontraktssum	Tillegg i kontrakt (T-nota)	Antall EO'er (T-nota)	T-nota % av kontraktssum	Entreprenør	Rådgiver byggeplan
RV 150 - E03; Ring 3 Ulven - Sinsen	Utførelsesentreprise, Enhetspris kontrakt	Tradisjonell	301 mill	57 mill	680	18,90 %	NCC Construction	Multiconsult
RV 150 - E22; Ring 3 Ulven - Sinsen	Utførelsesentreprise, Enhetspris kontrakt	Modell, HB 138 Ps. VAV ikke med	532 mill	52 mill	491	9,80 %	Veidekke	Vianova/ Aas-Jakobsen/ Multiconsult
E6 - Nordre avlastningsvei	Totalentreprise	Modell, HB 138	263 mill	20 mill	80	7,60 %	Skanska	Vianova/ Aas-Jakobsen-nettverket
Fv. 456 Vågsbygdveien, Auglandsbukta-Flødemelka	Utførelsesentreprise, Enhetspris kontrakt	Modell, HB 138	43,7 mill	1,8 mill	86	4,20 %	Veidekke Entreprenør	Vianova Kristiansand
E6 Skaberud - Kolomoen	Utførelsesentreprise, Enhetspris kontrakt	Tradisjonell	470 mill	85 mill	385	18,10 %	Hæhre Entreprenør	Multiconsult
Fellesprosjektet Dovrebanen	Utførelsesentreprise, Enhetspris kontrakt	Modell, HB 138	1,8 mrd	149,5 mill	178	8,30 %	Hæhre Entreprenør	Cowi

FIGUR 12 - ANALYSE AV MODELLBASERTE PROSJEKTER FRITT ETTER (THORSEN AND TØNDEL, 2014)

Denne analysen tar utgangspunkt i 6 prosjekter hvor av 2 er gjennomført tegningsbasert, og 4 er gjennomført modellbasert. Prosjektene er av ulik størrelse og har forskjellig grad av kompleksitet. Det er også noen fag i noen av prosjektene som kombinerer tegningsbasert og modellbasert metode (eksempel: kabel og VA). I analysen har det blitt målt antall, størrelse på endringsordre, og andelen disse utgjør av kontraktssummen. Endringsordre er beskrevet i Standard Norge (2008) som en mulighet byggherre har til å ”pålegge entreprenøren endringer” der de beskriver en endring som ”en endring kan gå ut på at entreprenøren skal yte noe i tillegg til eller i stedet for det opprinnelige avtalte, at ytelsens karakter, kvalitet, art eller utførelse skal endres, eller at avtalte ytelser skal endres”. I dette tilfellet er det endringer som fører til tillegg i kontraktssummen. Som man ser av resultatet reduseres prosentandelen endringsordren utgjør av kontraktssummen ved modellbasert metode betraktelig. Dette kan tyde på at modellbasert prosjektering fører til færre feil på byggeplass, og lavere byggekostnader i følge (Thorsen and Tøndel, 2014).



Prosjektnavn	Endring tekniske løsninger	Feil og mangler i prosjektering	Feil og mangler i grunnlagsdata	Uforutsette hendelser	Øvrig	Feil og mangler i prosjekteringsgrunnlag	VAV-tegninger	Feil og mangler i reguleringsplan
RV 150 - E03; Ring 3 Ulven - Sinsen	2 %	44 %	2 %	52 %				
RV 150 - E22; Ring 3 Ulven - Sinsen					75 %	18 %	7 %	
E6 - Nordre avlastningsvei Fv. 456 Vågsbygdveien, Auglandsbukta- Flødemelka	3 %	44 %	19 %	33 %				1 %
E6 Skaberud - Kolomoen	66 %	23 %	6 %	5 %				
Fellesprosjektet Dovrebanen	43 %	28 %	26 %	3 %				

FIGUR 13 - PROSENTVIS FORDELING AV ENDRINGSORDRE FRITT ETTER (THORSEN AND TØNDEL, 2014)

I tabellen ovenfor ser man fordelingen av endringsordrene kategorisert etter årsakene til endringsordrene. Det mangler data i presentasjonen for prosjektet E6 – Nordre avlastningsvei. Disse tallene er i likhet med forrige tabell ikke forklart i presentasjonsfoilene, og det fremgår ikke klart hvordan man har gått frem for å kategorisere tallene. Det registreres at det her er snakk om kun 6 prosjekter hvor av 2 er tegningsbasert. Det er også stor variasjon i prosjektene, og ikke minst kompleksiteten. I denne analysen er ikke disse variasjonene kommentert i forhold til mulig effekt på hvordan resultatene kan tolkes. Dette sammen med antall prosjekt kan være en mulig feilkilde. Dette kan imidlertid skyldes at det er relativt få prosjekter som har vært gjennomført modellbasert i samferdselsbransjen i Norge.



## **4 RESULTATER**

I dette kapittelet skal resultatene fra de gjennomførte kvalitative intervjuene presenteres. Det er her valgt å dele inn resultatene etter de ulike partene i samferdselsbransjen som denne oppgaven fokuserer på. De viktigste temaene fra intervjuguiden er plukket ut for å kategorisere resultatene. Disse temaene skal belyse helheten knyttet til bruk av samordningsmodellen i samferdselsbransjen, og hvilke utfordringer man i dag har for å erstatte 2D-tegninger. Resultatene består av den mest relevante informasjonen som intervjuobjektene har kommet med. Informasjonen er presentert slik intervjuer har forstått respondentene sine utspill. Det er noen steder forklart på en mer utfyllende måte for å få frem budskapet slik som det var ment i intervjuet. Det er også gitt noen forklaringer der intervjuobjektet ikke har gitt en fullstendig forklaring.

### **4.1 BYGGHERRE**

Byggherre er representert av 3 respondenter da det stilte 2 personer til det ene intervjuet. Informasjonen fra dette intervjuet er samlet i et svar da disse samarbeidet om å svare, og disse var basert på erfaringer fra samme prosjekt. Det er derfor i følgende tekst omtalt kun to respondenter. Disse har begge erfaringer fra pilotprosjekter som gjennomføres modellbasert. Begge prosjektene er kommet til byggefasen i skrivende stund. Prosjektene det gjelder er Fellesprosjektet E6 Dovrebanen, og Dronning Eufemias gate E18 Bjørvikaprojektet.

#### **4.1.1 SAMORDNINGSMODELLENS BRUKSOMRÅDER I DAG**

Samordningsmodellen har blant annet blitt brukt som diskusjonsgrunnlag i møter forteller begge respondentene. Med diskusjonsgrunnlag menes det at modellen blir vist på en skjerm under møtet. En av respondentene forteller at den brukes både internt med entreprenøren, og i møter med tredjepart. Den andre nevner møter hvor ulike løsninger blir diskutert samtidig som man ser på problemet i modellen. I prosjektene som respondentene er involvert i har det vært benyttet tegninger i tillegg der man ikke enda kan benytte modellen. Det har vært en dobbel leveranse der man har fått levert tegninger etter håndbok R700, og 3D-modeller etter håndbok V770.

Begge respondentene nevner at samordningsmodellen ikke blir benyttet til stikningsdata. Stikningsdata leveres i form av de ulike fagmodellene som er en del av samordningsmodellen.

Samordningsmodellen er benyttet av byggherre til å gjennomføre kontroller. En av respondentene forteller at man har benyttet samordningsmodellen som en kvalitetskontroll i byggefasen for å kvalitetssikre alle fagdisipliner. Det kontrolleres da hva som blir produsert opp imot hva som er prosjektert i samordningsmodellen. Mengdene som har blitt oppgitt av entreprenør er også kontrollert i samordningsmodellen. Samordningsmodellen er også med ut på byggeplass på i-pad for å kontrollere, og til å finne løsninger på problemer samtidig som man ser på disse i modellen. Respondenten forteller at kontroll av prosjektert materiale foregår på

tegninger. Dette begrunnes med at det er enklere å se ting som skal kontrolleres på tegning. Den andre respondenten forteller at samordningsmodellen kontrolleres blant annet i forhold til hva som er prosjektert, om det er noe som skal saneres, og om objektene er kodet riktig i modellen. Koding vil si at man gir en unik kode i forhold til objektets funksjonalitet. For eksempel en kum som er av en spesiell type. Videre sier respondenten at det fortsatt er behov for tegninger for å kontrollere. Tegningene det er snakk om er tverrprofiler, lengdeprofiler, armeringstegninger, og kumskisser.

#### **4.1.2 FORDELER VED BRUK AV SAMORDNINGSMODELLEN**

De to respondentene nevner ulike ting når det kommer til fordelene knyttet til bruk av modellen.

Den ene respondenten nevner at det gjennom bruk av samordningsmodellen har blitt enklere å forhindre feil i byggefasen. Det er også blitt enklere å finne de feilene som blir gjort på anlegget ved å kontrollere løsninger opp imot samordningsmodellen. Det er også enklere å finne nye løsninger på problemer som oppstår. Overordnet sett har samordningsmodellen bidratt til en mer effektiv kvalitetskontroll av det som blir produsert. Den største fordelen ved samordningsmodellen er oversikten den gir. Når man ser alle fag samtidig i en modell er det mye lettere å se hva man må ta hensyn til når man må flytte eventuelt legge til et objekt. Da kan man se hvilke naboobjekt som kan bli en hindring og hvor stor avstand det er til disse.

Den andre respondenten forklarer at samordningsmodellen gir en enklere måte å kommunisere på, og den øker forståelsen til den man kommuniserer med. Dette oppnår man ved å kunne zoome seg inn på objekter eller områder i modellen som man snakker om. Tverrfagligheten blir også enklere gjennom bruk av samordningsmodellen. I modellen kan en fagdisiplin enkelt få oversikt over hvilke andre fagdisipliner de må ta hensyn til. Det fører altså til at man blir observant på andre fagdisipliner.

Respondenten forteller at man har merket seg at det er mindre endringsordre som skyldes kollisjoner mellom fagdisipliner, men sier at dette ikke kan tallfestes. Det er også for tidlig å si om det er økonomiske gevinster knyttet til modellbasert prosjektering. Dette da prosjektet ikke er ferdigstilt, og man har dermed ikke laget sluttrapport.

#### **4.1.3 UTFORDRINGER VED BRUK AV SAMORDNINGSMODELLEN**

En av respondentene forteller at man kan bli for komfortabel med samordningsmodellen. Det er imidlertid viktig å ta hensyn til at noen fagdisipliner per i dag ikke inngår i 3D-modellen. Dette kan være en stor utfordring, og en mulig feilkilde.

Den andre respondenten forteller i likhet med den første at det har vært en utfordring når ikke alle fagdisipliner er i samordningsmodellen. Det har da vært vanskelig å koordinere fagdisipliner hvor den ene er i 3D-modell, og den andre kun er på en 2D-tegning. Videre forteller respondenten at det har vært utfordrende å få til bruken av samordningsmodellen ute på anlegget. Det har vært variert evne og vilje til å ta i bruk programvare, teknologi, og bruk av modellen på I-pad. Dette var en barriere som det tok en tid å bryte.

En annen utfordring er antall 3D-modeller entreprenøren har på sitt datautstyr på anlegget. Det har vært en utfordring å hente ut riktig stikningsdata fra 3D-modellene når denne inneholder mye informasjon. Det har også vært et misforhold mellom forventninger og resultat av I-pad bruken. Det har vært et gap mellom hva leverandøren av diverse applikasjoner har lovet, og hva som har latt seg gjøre i praksis.

#### **4.1.4 HVORDAN ENTREPRISEFORM PÅVIRKER SAMORDNINGSMODELLEN**

Begge respondentene har erfaring med utførelsesentrepriser i kombinasjon med bruk av samordningsmodellen. Den ene respondenten forteller at ved utførelsesentrepriser ønsker entreprenøren et best mulig produksjonsgrunnlag, og at produksjonsgrunnlaget nok blir noe slankere ved totalentrepriser. Dette fordi entreprenøren da ikke er interessert i å betale for produksjon av unødvendig detaljerte modeller som ikke skal benyttes til produksjon. Respondenten tenker at man har noe å lære av totalentrepriser ved å fjerne unødvendig grunnlag som ikke benyttes.

Den andre forteller at forskjellen går på hvem som har ansvaret, og hvem som står for leveranse av modell. I en utførelsesentreprise er det byggherre som er ansvarlig for leveranse av modellen i motsetning til en totalentreprise hvor entreprenøren sitter på dette ansvaret. Det vil nok også være en forskjell på bruk av modellen i planleggingsfasen forteller respondenten. I utførelsesentreprisen har de benyttet modellen mye i planleggingsfasen. Dette hadde man nok ikke gjort i en totalentreprise hvor man ikke driver med samme grad av detaljstyring av prosjektet.

#### **4.1.5 ULIKHETER MELLOM MODELLBASERTE- OG TEGNINGSBASERTE PROSJEKTER**

Begge respondentene forteller at modellbaserte prosjekter gir øket forståelse og oversikt. Den ene respondenten forklarer at det er spesielt vanskelig for en tredjepart som for eksempel en nabo å forstå 2D-tegninger. 3D-modellen gir en mye bedre forståelse for hva vegprosjektet vil bety for han eller henne. Med 3D-modellen kan man vise denne personen hvordan det ferdigstilte prosjektet vil se ut når det er ferdig, og hvilke konsekvenser det får for tomten. Videre forteller respondenten at tverrfagligheten er bedre i modellbaserte prosjekter da modellen gir fagdisiplinene en bedre oversikt over prosjektet. Oversikten gjelder spesielt bevisstheten rundt hvilke andre fag man må ta hensyn til. Respondenten nevner også at planleggingen av gjennomføringen blir bedre i modellbaserte prosjekter. Dette gjelder for eksempel ved graving av grøfter. Her kan man se alt som skal ligge i grøften samlet i modellen. Dette gjør at man enklere kan unngå feil som å grave igjen grøften før alt er installert. Respondenten forteller også at modellens visualiserende egenskap gir en mye bedre kommunikasjon i prosjekter.

Den andre respondenten forteller at informasjonsflyten er bedre i modellbaserte prosjekter. Dette skjer i form av at modellene oppdateres, og oversendes alle parter på en effektiv måte. Kvalitetssikringen og kvalitetskontroll blir enklere å utføre med 3D-modellen som verktøy. I likhet med den første respondenten nevner også denne at den tverrfaglige forståelsen blir bedre med hensyn på hvilke andre fag man må ta hensyn til når man skal inn å utføre en del av et stort prosjekt. Respondenten forteller også at både tegninger og modell har sine fordeler. Når det gjelder entydig formidling av informasjon er tegningen godt egnet fordi den er låst. Her vil man kun se bildet som er på tegningen,

og man vet at man ser på samme bilde. Når man bruker samordningsmodellen som kommunikasjonsverktøy er det ikke alltid man kommuniserer ved direkte kontakt. Dersom man benytter for eksempel telefon er det ikke like enkelt å vite om man snakker om samme objekt i samordningsmodellen når man ikke ser på samme skjerm. Det er også vanskelig å gi entydige henvisninger i en samordningsmodell. Det er mye lettere å eksempelvis henviser til et tegningsnummer og en revisjon/versjon av denne tegningen.

#### **4.1.6 UTFORDRINGER VED Å BENYTTTE SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Respondentene nevner begge at det er en del detaljer som mangler i modellen. Den ene respondenten nevner detaljer som innmat i skap for elektronikk, og innhold i kummer. Respondenten mener dette ikke er lønnsomt å modellere, og at det blir veldig mye tekst som må inn i modellen og knyttes til disse objektene dersom de skulle modelleres. Den andre respondenten nevner at detaljene som mangler i modellen er armering, innhold i trekkerør, koblingstavler, og skjemaer til elektro.

Den første respondenten forteller videre at en av utfordringene er at samordningsmodellen fungerer som en tom boks per i dag. Denne boksen må fylles med en del som entreprenøren må prosjektere. Det blir da et behov for å holde det som entreprenøren har prosjektert oppdatert. Det kan da bli en utfordring i forhold til hvem som skal stå ansvarlig for denne oppdateringen. Et annet problem som respondenten nevner er datalagring, og kompetanse i fremtidig organisasjon. Respondenten mener det kan bli en utfordring å lagre data på en slik måte at en fremtidig organisasjon kan ta den i bruk om 10 år på grunn av den raske utviklingen av programvare. I tillegg er det en utfordring at man må sørge for at fremtidig organisasjon må ha kompetanse til å ta i bruk modellen.

Den andre respondenten mener den største utfordringen er åpne formater. Det opereres i dag med mange forskjellige programvareleverandører. All data er best på sitt originale format. Når man konverterer originalfilene til det åpne formatet landXML som benyttes i dag går man glipp av mye informasjon fra originalformatet. Det ligger for lite informasjon i formatene som benyttes i dag. Det er også en utfordring å utelukke at entreprenøren skal få VIPS (Vegvesenets Interaktive Planleggings System) formatet av veimodellen. Dette er et lukket format som er integrert i Vianova systems programvare. Entreprenøren har fått dette formatet de siste 20 år, og systemet er tilrettelagt for dette formatet. Det vil kreve en del omstillinger dersom man kun skal ha modellen som leveranse.

#### **4.1.7 TILTAK FOR Å KUNNE BENYTTTE SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Når det kommer til tiltakene som må til for å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse er respondentene samstemte om at mer informasjon og detaljer må inn i modellen. Den første respondenten nevner armering, innhold i trekkerør, koblingstavler, og skjemaer til elektro. Den andre respondenten nevner at innholdet i skap, og kummer er noen av detaljene som mangler i samordningsmodellen, og at det må inn mer informasjon inn i samordningsmodellen i form av tekstbeskrivelse, og informasjon fra leverandør. Her

er det snakk om typiske beskrivelser av hvordan et objekt skal bygges, eller utførelsen av objektet.

Respondenten forteller videre at samordningsmodellen må kunne lagres på en slik måte at denne er tilgjengelig for en fremtidig driftsorganisasjon om x antall år. Respondenten forteller også at brukervennligheten til samordningsmodellen må bli bedre. Dette må skje gjennom at det burde bli mulig å hente ut mer informasjon av modellen på I-pad. Det vil si at de portable løsningene knyttet til modellen må bli like innholdsrike som de stasjonære løsningene slik som en PC. Det burde også gå an å legge inn informasjon via en I-pad. For en kontrollingeniør burde det være mulig å legge inn hva som er kontrollert, og legge inn informasjon om feil og mangler i modellen under kontroll på byggeplass.

Den første respondenten forteller videre at standardiserte åpne formater må på plass. Dette slik at samordningsmodellen skal kunne benyttes til alle arbeidsoperasjoner. Det må også på plass for å kunne få med all informasjon fra originalformatet inn i modellen.

Det gjenstår også en standardiseringsjobb når det kommer til objektkoding. Det opereres i dag med tre forskjellige system for koding av objekter: SOSI, NVDB, og håndbok V770. Dette bør etableres én standardisert måte å kode objekter på slik at man får hentet inn eksakt grunnlagsdata med entydig beskrivelse i form av koding.

Det er også behov for et standardisert produktkatalog i programvaren som inneholder ferdig modellerte produkter. Dette da det prosjekteres noen løsninger som for eksempel bend på rør 3D-modell i dag som ikke nødvendigvis er tilgjengelig.

#### **4.1.8 FORDELER MED IMPLEMENTERING AV BIM I SAMFERDSELSBRANSJEN**

Respondentene har forskjellige prioriteringer når det kommer til hvilke fordeler samferdselsbransjen har med tanke på BIM-implementeringen. En av respondentene fokuserer på fremtidige fordeler. Respondenten forteller at implementeringen blir en stor fordel når man får koblet all informasjon til modellen. Dette blir til stor nytte spesielt i driftsfasen dersom dimensjoneringsgrunnlag og vedlikeholdsintervaller er knyttet til objektene. Dette kan da være lett tilgjengelig for driftspersonell gjennom bruk av samordningsmodellen.

Den andre respondenten forteller at implementeringen vil medføre større grad av nøyaktighet på gjennomførte prosjekter i bransjen. Med samordningsmodellen som grunnlag har man bedre kontroll på utførelse og kvalitet, og det er en mer effektiv måte å prosjektere på. Gjennom effektiviseringen som følger av BIM blir det gjerne lavere kostnader, men dette er for tidlig å tallfeste i dag. Det er fremdeles slik at BIM ikke er lønnsomt hvis man ikke har et stort og komplisert prosjekt. Man ser at det krever mye kompetanse for å starte et modellbasert prosjekt, og det kreves mye kompetanse for å ta i bruk modellene, og holde disse oppdatert. Videre forteller respondenten at alle partene har fordeler av BIM implementeringen. For byggherre og entreprenør blir det lettere å finne feil. Det blir også lettere for disse å kontrollere anlegget med tanke på kvalitet. Gjennom bruk av samordningsmodellen blir det også enklere å endre og finne nye

løsninger. Rådgiveren på sin side har rapportert at han kan levere et bedre produkt. Respondenten tenker at det er kompetansen som avgjør om man har nytte av samordningsmodellen. Dersom man ikke har kompetanse til å bruke den får man ingen nytte og omvendt.

Den første respondenten forteller at BIM gir en bedre oversikt for fagdisipliner som skal inn å gjøre en jobb i prosjektet. For disse blir det veldig lett å orientere seg i anlegget med tanke på hva det er som er med av objekter i modellen som konstruksjoner og vann og avløpssystemer, og hva som er rundt det de skal bygge av objekter som vil gi utfordringer for deres arbeide. Respondenten forteller at man har merket at det blir mindre endringsordre som skyldes konflikter mellom fag. Dette kan imidlertid ikke kvantifiseres på nåværende tidspunkt da prosjektet ikke er ferdigstilt, og det ikke foreligger noen sluttrapport. Videre forteller respondenten at det er en fordel for alle at man nå har to kvalitetskontroller. Dersom noen faglige kollisjoner glipper gjennom kontrollen til prosjekterende så har man sett eksempler på at disse feilene har blitt varslet av entreprenør. Feilene i modellen har deretter blitt rettet opp før byggestart.

## **4.2 PROSJEKTERENDE**

Det er tre respondenter som representerer den prosjekterende parten i et vegprosjekt. Av disse har alle vært involvert i et eller flere vegprosjekter som i større eller mindre grad har vært gjennomført modellbasert etter håndbok V770. En av respondentene har ikke vært med på byggefasen i et modellbasert vegprosjekt, men vedkommende har god innsikt i modellbasert prosjektering, og bruken av samordningsmodeller. Respondentene arbeider alle i konsultantselskaper som driver med veg-prosjektering, og representerer alle fagretningen veg. Prosjektene respondentenes erfaring er basert på er følgende: Fellesprosjektet E6 Dovrebanen (Byggefase), E6 Ørje-Riksgrensen (Byggefase), og E6 Ranheim-Værnes (Reguleringsplan).

### **4.2.1 SAMORDNINGSMODELLENS BRUKSOMRÅDER I DAG**

Selv om respondentene har vært med i modellbaserte prosjekter etter håndbok V770 forteller de at det i dag leveres like mange 2D-tegninger som i tegningsbaserte prosjekter etter håndbok R700. Dette vil si at man er i en overgangsfase hvor man har dobbel leveranse. Dette innebærer at man må holde både samordningsmodellen og et fullt sett med tegninger oppdatert til siste versjon. Det nevnes av respondentene at dette er en overgangsfase hvor det er et behov for dette fordi det er variert erfaring med å jobbe modellbasert.

De prosjekterende respondentene forteller at samordningsmodellen gir en god visuell kontroll ved å sjekke konflikter mellom fag, og avvik i samordningsmodellen. Respondentene som har vært med i byggeplanfasen forteller at man benytter modellen fra prosjektets første fase. Samordningsmodellen er på dette tidspunktet av prosjektet grov og lite detaljrik. Modellen berikes med mer detaljer utover i prosjektet. De nevner imidlertid at ikke alle detaljer inngår i modellen. De nevner alle sammen at armering er en detalj som ofte ikke inngår i samordningsmodellen. Detaljer slik som armering beskrives fortsatt på 2D-tegninger.



Respondentene forteller videre at samordningsmodellen benyttes som et kommunikasjonsverktøy. Det vil si at samordningsmodellen har en evne til å øke forståelsen til den man kommuniserer med. Under forutsetning av at det man snakker om angår samordningsmodellens innhold. En av respondentene spesifiserer at modellen blir brukt som grunnlag i alle prosesser, og møter både internt og eksternt mot byggherre. Den brukes også mot andre tredjeparter for å skape en bedre forståelse for det som diskuteres. To av respondentene nevner at samordningsmodellen benyttes til tverrfaglig kontroll for å sjekke kollisjoner, men at man ikke gjør faglige kontroller i en samordningsmodell. Den faglige kontrollen gjennomføres i fagverktøyet i fagmodellen før man kjører den tverrfaglige kontrollen i samordningsmodellen.

#### **4.2.2 FORDELER VED BRUK AV SAMORDNINGSMODELLEN**

Respondentene nevner alle at kommunikasjonen blir vesentlig bedre når man har en samordningsmodell som grunnlag for møter og diskusjoner. En peker på kommunikasjonen på byggeplass spesielt. I tillegg nevner de kontroll, men fokuserer på ulike typer av kontroll. Respondenten som ikke har vært med på byggeplan nevner egenkontroll gjennom at man har kontroll på hvor sitt arbeidet hører hjemme i det totale prosjektet, slik at man vet hvilke fagdisipliner man må ta hensyn til. Han nevner også at samordningsmodellen gir bedre oversikt. Dette gjelder spesielt for sidefag som skal inn i prosjekteringsprosessen for å prosjektere en liten bit av et stort prosjekt. Her vil 3D-modellen gi en rask oversikt i motsetning til 2D-tegninger hvor man må bla gjennom alle tegningene for deretter å forsøke å se den tredimensjonale helheten av prosjektet. En av de andre respondentene nevner den visuelle kontrollen på hvordan anlegget vil se ut når det er ferdigstilt. Denne respondenten nevner også den visuelle kontrollen av konflikter mellom fag, og ikke minst at man kan se løsningen på disse. Gjennom dette forteller vedkommende at man før luket ut mange problemer fra byggeplass. Den siste nevner at samordningsmodellen gir bedre kontroll på kollisjoner mellom fag, og at løsningene får en økt kvalitet ved å se disse tverrfaglig i modellen.

To av respondentene oppgir også besparelser som fordel ved bruk av samordningsmodellen. En nevner besparelser i tid og kostnad gjennom å fjerne tidkrevende kollisjoner fra byggefasen som gir en reduksjon av endringsordre. Dette er dokumentert i en analyse gjennomført av Vianova. En annen nevner at man sparer tid ved at beslutninger går raskere med 3D-modellen som grunnlag. Dette fordi beslutningstakerne har lettere for å forstå problemstillinger og konsekvensen av beslutninger.

#### **4.2.3 UTFORDRINGER VED BRUK AV SAMORDNINGSMODELLEN**

Når det gjelder utfordringer ved bruk av samordningsmodellen fokuserer respondentene på forskjellige elementer.

En respondent nevner at 3D-modellen kan gi falsk trygghet dersom det ikke er noen kollisjoner. Når ting ser ferdig ut i samordningsmodellen på tross av at det er noe som enda ikke er prosjektert. Det kan være vanskelig å oppdage at noe mangler på grunn av 3D-modellens virkelighetsnære visuelle effekt. Det er også en utfordring når objekter

som ikke er tildelt en høyde i en 3D-modell ikke blir med i modellen. Dette til forskjell fra 2D-tegninger der alt er med på tegningen selv om det ikke har en høydekoordinat.

En annen respondent nevner at det er vanskelig å få folk til å jobbe modellbasert. Det er vanskelig å endre arbeidsmetode til at man skal jobbe i modell og produsere tegninger fra modell. I tillegg er det en utfordring å benytte modellen på byggeplass noe det er ulik kompetanse og erfaring med i dag. Det er også utfordrende å få til en god tverrfaglig prosess. Det er i tillegg utfordrende å få til en tett dialog mellom partene i prosjektet som man er avhengig av for å få til en god prosess.

Den siste respondenten nevner at det er utfordrende å holde detaljnivået nede på et fornuftig nivå når man vil lage et godt produkt. Det blir da utfordrende å sørge for et fornuftig detaljnivå på samordningsmodellen med tanke på tiltenkt bruk i fasen man er kommet til. Respondenten nevner også at man lett får modeller som er tunge å manøvrere seg i på grunn av store datamengder. Det er også en utfordring at ikke alt av programvare snakker like godt sammen. Dette medfører at man må eksportere til et felles format, og importere for å oppdatere samordningsmodellen som gjør oppdateringen avhengig av hyppigheten man gjør dette.

#### **4.2.4 HVORDAN ENTREPRISEFORM PÅVIRKER SAMORDNINGSMODELLEN**

Alle respondentene forteller at det er utførelsesentreprise som er den vanligste gjennomføringsmodellen i vegprosjekter i dag. Når det gjelder påvirkningen nevner to av respondentene at entreprisform ikke vil påvirke selve bruken av modellen. Entrepriseformen vil derimot endre måten man samarbeider på. En respondent nevner at fordelene med en totalentreprise er at entreprenøren får påvirket modellen slik at løsningene som velges er mer tilpasset entreprenørens foretrukne måte å bygge på. Dette gjør at samordningsmodellen kommer mer til sin rett kontra i en utførelsesentreprise hvor de prosjekterende avgjør løsningene, og disse er mer eller mindre satt når entreprenøren overtar modellen.

En annen respondent nevner at samarbeidet er viktig for å få til en god prosess rundt bruken av samordningsmodellen, og at det er viktig med direkte kontakt mellom entreprenør, og prosjekterende. Dette nevner han at de har fått til på et prosjekt han har vært involvert i som var en utførelsesentreprise. Fordelen med en totalentreprise er at man blir tvunget til å samarbeide, men at dersom det spesifiseres i eksempelvis konkurransegrunnlaget ved en utførelsesentreprise, eller i funksjonskravene til en totalentreprise vil man kunne oppnå dette samarbeidet uavhengig av entreprisform.

En annen respondent nevner også viktigheten av samarbeidet, og at totalentreprisen er ideell når det kommer til bruken av samordningsmodellen. Ved en totalentreprise kan entreprenøren påvirke modellen tidligere slik at denne er tilpasset entreprenørens ønsker. Entreprenøren får også en økt forståelse av modellen gjennom dette.

#### **4.2.5 ULIKHETER MELLOM MODELLBASERTE- OG TEGNINGSBASERTE PROSJEKTER**

Når respondentene blir bedt om å beskrive ulikhetene mellom modellbaserte- og tegningsbaserte prosjekter nevner to av respondentene kontroll. Den ene mener man har bedre kontroll over det som bygges, og kan gjennom den visuelle kontrollen ha bedre kontroll på feil og utfordringer som kommer senere i prosjektet. Han forteller imidlertid at modellen ikke blir bedre enn det som puttes inn ergo vil det alltid kunne foreligge feil. Han nevner også at entreprenøren gjorde en del justeringer tidligere når man jobbet i 2D, men i 3D gjør den visuelle effekten at man ikke har behov for dette i samme grad.

Den andre respondenten forteller at kontrollen man har visuelt i 3D-verden medfører at kvaliteten på løsninger forbedres og tverrfaglige konflikter reduseres.

Den siste av de tre fokuserer på at informasjonen er mer samordnet i modellbaserte prosjekter gjennom at man har alle fag samlet i samordningsmodellen. Informasjonen som finnes i modellen er også oppdatert til siste versjon hele tiden. En 2D-tegning er litt enkelt forklart oppdatert akkurat i det den skrives ut. Han nevner også her 3D-modellens evne til å kommunisere. Det er mye informasjon som er tapt på 2D-tegningen kontra 3D-modellen for en tredjeperson uten fagkompetanse til å kunne se for seg tegningenes betydning i tre dimensjoner.

#### **4.2.6 UTFORDRINGER VED Å BENYTTE SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Når det kommer til å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i dag fokuserer også her respondentene på litt forskjellige utfordringer. To av respondentene nevner at samordningsmodellen ikke benyttes som leveranse til stikningsingeniøren, og at modellen heller ikke benyttes til faglig kontroll. Den faglige kontrollen tas i fagverktøyet i de forskjellige fagmodellene før de settes sammen til samordningsmodellen. Når det gjelder stikning benyttes også fagmodellene hver for seg.

En av respondentene nevner at en utfordring med samordningsmodellen som eneste leveranse er at ikke alle detaljer som da må inn i modellen vil være lønnsomme å modellere. Han forteller videre at man mister litt av hensikten eller gevinsten dersom det skulle koste mer å modellere detaljen enn det tar å bygge den. En annen utfordring er overleveringsformater eller dataformater. Det er tidkrevende å legge inn informasjon om objektene i det formatet man benytter mest i dag som er DWG.

En av de andre respondentene mener formater er noe som må komme etter hvert. Først må man øve mer på modellbasert leveranse med de formatene man har i dag som ikke er uavhengige da disse fungerer i praksis. Han mener at menneskene som skal jobbe med modellen er en utfordring da ikke alle har erfaring med dette. Han nevner også at modellen må bli mer komplett. Dette må skje ved å tilføre mer detaljer inn i modellen som mangler i dag. Av de detaljene som mangler i samordningsmodellen nevner han overhøyde, utsparinger i konstruksjoner, og armering.

Den siste respondenten fokuserer på at folk på anlegget må kunne bruke modellen til alt. Det må derfor på en enkel og god måte være mulig å hente ut informasjon de trenger. For

eksempel nettbrett er et verktøy som kan benyttes til dette. En annen utfordring er at det ikke ligger nok informasjon i modellen slik at denne kan benyttes alene, eksempelvis beskrivelser. I tillegg er det vanskelig å koble informasjon til objektene når man benytter DWG-formatet som ikke er egnet til modellbasert leveranse, og dette formatet er heller ikke produktuavhengig.

#### **4.2.7 TILTAK FOR Å KUNNE BENYTTE SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Tiltakene som respondentene nevner for at samordningsmodellen skal kunne benyttes som eneste leveranse kommer som en naturlig følge av utfordringene, og de ulike har dermed også her fokusert på ulike ting.

En respondent nevner at man må ha en grundigere opplæring i bruk av programvaren. Det må også tas i bruk andre programmer som kanskje løser problemet med at detaljene er for tidkrevende å prosjektere. Dette må stå i forhold til gevinsten av å ha dem i samordningsmodellen. Det må være mulig for byggherre å gjennomføre de samme kontrollene av det prosjekterte materialet i modellen som de har kunnet gjøre på 2D-tegninger. Dette må også kunne gjennomføres på en tilsvarende enkel måte i modellen. Til slutt nevner han formatene, og at disse må forbedres slik at man kan få med materialvalg og annen informasjon direkte fra fagverktøyet, og inn i samordningsmodellen. Det må også være gode funksjoner i fagverktøyet for å legge informasjonen inn i fagmodellen.

Den andre respondenten sier at det må mer erfaring til før man får til dette fullt ut, og sikter da til modellbasert leveranse. Han forteller at det også må mer informasjon og detaljer inn i modellen. I tillegg må man tørre å bruke modellen fullt ut, og dermed prøve å la være å falle tilbake på 2D-tegningen. Formatene må forbedres slik at de bedre kan takle store prosjekter, koordinater, klotoider, og veiens geometri. Han sier imidlertid at formater, og andre mangler ikke er en unnskyldning for å la være å fortsette å øve på modellbasert leveranse.

Den tredje respondenten nevner at modellen må tilføres mer informasjon for å kunne erstatte 2D-tegningene. Mottakerne av modellen må også kunne hente ut all denne informasjonen på en enkel måte for å benytte modellen fullt ut i byggefasen. Man er avhengig av at byggherre bestiller modellbasert fullt ut uten bruk av 2D-tegninger slik at modellen blir eneste leveranse. Det er videre behov for et felles godt egnet format som fungerer på tvers av programvare, og som er egnet til å overføre informasjon. Denne informasjonen må også bli lettere å knytte til objektene i programvaren. Det må også utvikles gode løsninger knyttet til å loggføre revisjoner. Disse må være synlige i 3D-modellen på lik linje som de er synlige på en 2D-tegning ved bruk av revisjonssky.

#### **4.2.8 FORDELER MED IMPLEMENTERING AV BIM I SAMFERDSELSBRANSJEN**

Fordelene knyttet til implementeringen av BIM i samferdselsbransjen blir fremstilt av respondentene på litt ulike måter og nivåer i bransjen. Alle respondentene har imidlertid en ganske klar formening om hvem som har de største fordelene knyttet til dette.

En av respondentene forteller at samferdselsbransjen har fått en del kritikk på gjennomførte prosjekter. Kritikken har vært knyttet til at prosjektene har hatt tidsoverskridelser, økonomiske overskridelser, dårlige løsninger, feil, og mangler. BIM blir holdt frem som en potensiell løsning på å forhindre dette, og man vil dermed kunne forvente en bedre gjennomføring av prosjekter i bransjen som benytter BIM. En av fordelene som gjelder kostnadsbesparelser har blitt dokumentert gjennom en analyse som er gjennomført av Vianova. BIM vil også kunne eliminere feilprosjektering dersom man gjennomfører arbeidsmetoden riktig med tanke på tverrfaglig prosjektering. Videre mener han at byggherre primært har de største fordelene gjennom at de som kunde vil få et bedre anlegg til riktig tid, og med reduserte kostnader. Det vil imidlertid også kunne gi fordeler til entreprenør og prosjekterende. Entreprenøren vil gjennom BIM få et riktigere produksjonsgrunnlag som følge av færre feil. Han vil også få bedre kontroll på mengder og lengder da disse kan hentes i modellen. Den prosjekterende vil gjennom BIM redusere en del av ekstraarbeidet i byggefasen som følge av at han har bedre kontroll på feil og mangler i produksjonsgrunnlaget.

En av de andre respondentene forteller at implementeringen av BIM vil gjøre det mulig å identifisere en del problemer og utfordringer i en BIM modell. Fordelen med dette er at man enten kan løse disse problemene før man kommer til byggefasen, eller man er forberedt på at disse utfordringene kommer. Disse problemene kan nå oppdages på et tidlig tidspunkt, og vil kunne synliggjøres i et konkurransegrunnlag i forkant av en anbudsrunde. Byggherre og entreprenør vil også få en bedre forståelse av prosjektet. Anlegget i seg selv blir også bedre i form av at løsningene som er oppdaget og løst i 3D har en tendens til å bli bedre. Respondenten sier at alle har fordeler knyttet til dette, men han nevner i likhet med de andre at de økonomiske fordelene ligger hos byggherre. Dette kommer som en følge av at man får et anlegg med færre kollisjoner og konflikter på byggeplass. Entreprenørens fordel av implementeringen vil også komme i form av et bedre grunnlag for å styre prosjektet. Han vil også få et bedre grunnlag for prising av utførelsen. På et generelt plan vil 3D-modellen gi bedre oversikt på kort tid for hvem som helst kontra 2D-tegninger hvor det vil ta tid å gå igjennom de ulike tegningene for å skaffe seg en forståelse.

Den siste respondenten forteller at en av fordelene er at andelen prosjekteringsfeil vil være mulig å redusere ganske kraftig. Dette gjelder spesielt dersom man ser bort ifra kollisjoner med eksisterende struktur som det ofte er lite eller dårlig informasjon om. Kommunikasjonen i bransjen vil bli vesentlig bedre som følge av at man har en 3D-modell som grunnlag for kommunikasjonen. Dette gjelder kommunikasjonen innad i prosjektet mellom byggherre, prosjekterende, og entreprenør. Det gjelder også annen kommunikasjon som foregår i et prosjekt som for eksempel kommunikasjon mot diverse utenforstående, og mot beslutningstakere som blant annet innebærer politikere. Disse vil

nå kunne se konsekvensene av et anlegg i tidlige planfaser. I likhet med den andre prosjekterende tenker også den siste respondenten at byggherre har de største fordelene av BIM implementeringen. Han sikter til de økonomiske fordelene, og forteller at dette skyldes at totalkostnadene knyttet til anlegget blir redusert. Dette er en varig endring i kostnad i motsetningen til kostnadsbesparelsene til entreprenøren. Det vil potensielt kunne være noen entreprenører som vil kunne tjene på dette under en overgangsperiode. Dette dersom de gjennom raskere gjennomføring vil oppnå konkurransefordeler. Han tenker imidlertid at dette vil stabilisere seg når alle har implementert BIM fullt ut og oppnår samme grad av effektivitet.

### **4.3 ENTREPRENØR**

Den utførende parten i et vegprosjekt er her representert ved to respondenter. En av respondentene har en strategisk stilling på konsern nivå, og er BIM ansvarlig. Med dette har respondenten god innsikt i bruken av BIM i bedriften, og dermed hva som er mulig med tanke på bruken av samordningsmodellen. Den andre respondenten er prosjektleder i Fellesprosjektet E6 Dovrebanen FB3. Dette er et av de virkelig store prosjektene som gjennomføres modellbasert. Han har med sin rolle erfaring fra byggefasen i et modellbasert prosjekt, og kan med dette fortelle noe om bruken av samordningsmodellen. Begge respondentene jobber med samferdselsprosjekter, men den ene respondenten jobber hovedsakelig med betong konstruksjoner, og tunneller.

#### **4.3.1 SAMORDNINGSMODELLENS BRUKSOMRÅDER I DAG**

Entreprenørens bruk av samordningsmodellen er ganske samstemt hos de to respondentene. Den ene har imidlertid tatt et steg videre når det gjelder bruk av samordningsmodellen. Begge respondentene forteller at de benytter samordningsmodellen i produksjonsplanleggingen. Den ene viser til at modellen blir brukt ute i produksjonsplanlegging på anleggsplassen, og til produksjonsplanlegging og produksjon av fremdriftsplaner. Ute på anlegget har formenn, driftsledere, og anleggsledere hatt samordningsmodellen tilgjengelig på I-pad. Samordningsmodellen benyttes på ledernivå. Produksjonspersonell som forskalingsnekkere får utlevert tegninger.

Den andre respondenten forteller også at de har benyttet samordningsmodellen til produksjonsplanlegging. De har benyttet modellen til å lage fremdriftsplanen, og koblet denne til modellen. Det er altså snakk om 4D-BIM hvor man knytter fremdrift og tid til modellens objekter. Da kan man kjøre en visuell film som viser byggingen av prosjektet i den rekkefølgen man har valgt i fremdriftsplanen. De har innført 50-tommers skjerm på anlegget der arbeidere kan gå inn i en brakke å se på modellen. De har også koblet informasjon til modellen som beskriver utførelsen på en liknende måte som man gjør i bruksanvisning som følger med et Lego sett. Stikningsingeniørene er sentrale i bruken av modellen. De kobler kontraktsinformasjon til modellen, utfører mengdeberegninger, og dokumenterer det som er bygget. Dokumenteringen foregår blant annet ved laserscanning. Dette gjøres eksempelvis i tunneler for å kontrollere det sprengte tverrsnittet mot prefabrikkerte betongelementer som skal plasseres inn etterpå. Ved

kollisjonstesting i modellen kan de finne ut hvor de må fjerne stein for å få plass til elementene.

Respondentene nevner også at modellene blir benyttet til kollisjonskontroll for å avdekke feil, og konflikter mellom fag. En kollisjon kan være et vannrør som kolliderer med en elektro-kabel i modellen.

#### **4.3.2 FORDELER VED BRUK AV SAMORDNINGSMODELLEN**

Respondentene fokuserer på litt forskjellige ting når det kommer til fordelene ved å benytte samordningsmodellen. Den ene forteller at samordningsmodellen gir en bedre forståelse for hele prosjektet. Forståelsen blir spesielt god når man benytter seg av 4D-BIM ved at man kobler fremdriftsplanen til objektene. Da kan man se hva som skal foregå på anleggsplassen til enhver tid. Generelt øker samordningsmodellen forståelsen i prosjektet, og bedrer kommunikasjonen.

Den andre respondenten nevner at samordningsmodellen gir større grad av forutsigbarhet i et prosjekt. Dette gjennom at man kan ta tak i problemområder på et tidligere tidspunkt i prosjektet. Samordningsmodellen gir også en økt bevissthet blant driftspersonell (anleggsledere, formenn, og driftsledere) gjennom at de kan se ting tydeligere i en 3D-modell enn de kunne på 2D-tegning. Respondenten opplever også at man får en bedre produksjon når man ser hvordan ting skal se ut på forhånd. Dette gjør også at man har færre stopp på maskiner og utstyr. Bruk av samordningsmodellen gir også bedre grunnlag for kalkulering av pris, og reduserer derved risikoen ved kalkylen. På et generelt plan mener respondenten at samordningsmodellen virker risikodempende på gjennomføringen. Det blir altså lavere risiko for entreprenøren når han har bedre kontroll på det han gjør. Samordningsmodellen fører til bedre kommunikasjon mellom partene når man kan se det man snakker om i en 3D-modell.

#### **4.3.3 UTFORDRINGER VED BRUK AV SAMORDNINGSMODELLEN**

Ved spørsmål om utfordringer er det også ulike ting som nevnes av de to respondentene. Den ene respondenten mener at samordningsmodellens innhold er en utfordring dersom informasjonen ikke samsvarer godt med virkeligheten. Eksempelvis en brukonstruksjon som er satt sammen av trekanter på grunn av gjennomførte beregninger i et elementmetode beregningsprogram. Dette gjør at informasjonen blir lite håndterbar når den skal brukes til volumberegninger. Dette er et problem på kompliserte konstruksjoner.

Den andre respondenten forteller at det har vært noe mangelfull kunnskap knyttet til bruken av modellen, og opplæring knyttet til dette. Det er også en utfordring at en del av informasjonen ikke er tilgjengelig på I-paden ute på anlegget. Dette er informasjon som kumnummer, og profilnummer. Denne informasjonen er kun tilgjengelig i modellen på pc-en.

#### **4.3.4 HVORDAN ENTREPRISEFORM PÅVIRKER SAMORDNINGSMODELLEN**

Respondentene nevner begge at entreprisformen har noe å si for hvor tidlig man kan påvirke modellen. I en totalentreprise er entreprenøren ansvarlig for å levere modellen, og man kan da være med på å påvirke denne fra starten. Ved en utførelsesentreprise vil man få utlevert en samordningsmodell som man ikke har fått påvirke.

Den ene respondenten forteller at ved en utførelsesentreprise kan kvaliteten på modellen variere, men at man gjennom bearbeiding kan få den til den kvaliteten man vil.

Den andre respondenten forteller at fordelene ved en totalentreprise er at man kan påvirke samordningsmodellen slik at løsningene blir mer byggevennlige. Samordningsmodellen man får utlevert ved en utførelsesentreprise er ikke nødvendigvis like byggevennlige. Respondenten mener totalentreprise eller en samspillskontrakt er det optimale. Da får man det beste produktet gjennom at man får utnyttet kreativiteten til alle partene i prosjektet.

#### **4.3.5 ULIKHETER MELLOM MODELLBASERTE- OG TEGNINGSBASERTE PROSJEKTER**

Den ene respondenten forteller at prosjekteringskvaliteten er en viktig skillefaktor mellom modellbaserte- og tegningsbaserte- prosjekter. Kvaliteten på produksjonsgrunnlaget blir bedre i modellbaserte prosjekter. Respondenten sier også at man i modellbaserte-prosjekter kan jobbe mer effektivt gjennom at man har en bedre forståelse for det man skal gjøre. Det er også en forskjell i at man har oversikt over andre fagområder enn det man selv jobber med på en helt annen måte enn i et tegningsbasert prosjekt. Dette skyldes nok at man har 3D-modellen, og at det ikke krever like stor grad av faglig forståelse for å se andre fagdisipliner.

Den andre respondenten mener den viktigste forskjellen er at man får en større forutsigbarhet ved modellbaserte-prosjekter. Dette kommer som en følge av at man oppdager konfliktområder på et tidligere tidspunkt. Det er også risikoreduserende ved at man har bedre kontroll på prising, planlegging og gjennomføring av prosjektet. Erfaringsmessig kan de ha en større andel tilleggsarbeider i tegningsbaserte-prosjekter i forhold til modellbaserte prosjekter.

#### **4.3.6 UTFORDRINGER VED Å BENYTTE SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Respondentene nevner begge at en av utfordringene ved å ha samordningsmodellen som eneste leveranse er den praktiske bruken i produksjonen. De forteller at det per i dag ikke er noen verktøy som kan erstatte tegningen for jernbinderen og forskalingsnekkerne. I tillegg er det et fuktig og skittent miljø som er lite egnet til å benytte I-pad eller liknende skjær teknologi.

Den ene respondenten forteller videre at kompetansenivået til disse personene kan være en utfordring når de selv skal hente ut informasjon fra modellen i form av mål og dimensjoner. Det kan skape en ny feilkilde dersom de henter ut feil mål i modellen. En annen utfordring er nettilgang på vegprosjekter. For at man skal kunne oppdatere modellen ute i felt må man ha 3G- eller 4G-dekning. Utbyggingen av nettet i Norge har ikke kommet langt nok på dette feltet. Respondenten viser eksempelvis til et prosjekt han



er involvert i hvor det mangler slik dekning på ca. 6 mil av prosjektets strekning. Det blir da vanskelig å holde modellen oppdatert dersom man må kjøre over store avstander for å gjøre dette.

Begge respondentene forteller at det benyttes like mange tegninger som tidligere, men at disse nå på ledernivå er i pdf-format på digitale verktøy. Utførende på lavere nivå slik som jernbindere og forskalingssekkere får utlevert papirtegninger. Det er også enkelte ressurser som ikke trenger tegninger per i dag, som stikningsingeniører og maskinstyring. De som jobber med konstruksjoner har imidlertid fortsatt behov for tegninger. Den ene respondenten forteller at hovedutfordringen med å bli kvitt tegningene ligger hos konstruksjonsfagene. Det er enklere på de rene veifagene.

Den ene respondenten legger til at dersom samordningsmodellen skal fungere som eneste leveranse må entreprenøren selv kunne hente ut de tegningene som trengs. Det er ikke sikkert det er mange tegninger som trengs, men det er nok til at de da må ha egne folk til å generere disse dersom de kun får overlevert modellen.

En av respondentene forteller at han ikke har tilstrekkelig kompetanse til å utale seg om utfordringer relatert til overføringsformater. Den andre mener det er en utfordring med overleveringsformater. DWG fungerer i dag som et minste felles multiplum. Dette er en utfordring fordi man nedgraderer informasjonen i originaldataene til geometri og laginformasjon. Det blir et stort informasjonstap når man skal eksportere til et fellesformat (DWG) for å sette sammen fagmodellene til en samordningsmodell. Dette fordi man ikke har et format tilsvarende IFC for bygg.

#### **4.3.7 TILTAK FOR Å KUNNE BENYTTE SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Begge respondentene nevnte som sagt den praktiske bruken av modellen ute i produksjonen til informasjonsuthenting. Et tiltak blir dermed å få frem verktøy som løser dette uten at det blir en ekstra feilkilde. Videre forteller den ene respondenten at nettverksdekningen av typen 3G og 4G må bygges ut også utenfor tettbebygde strøk slik at man får oppdatert modellen i felt. Respondenten nevner også at kunnskapen til den som skal bruke modellene må heves.

Den andre respondenten foreslår at man i en felles dugnad i bransjen kan utrede hvilken informasjon man trenger i samordningsmodellen for å erstatte 2D-tegningene. Deretter kan man fase ut tegningene i en overgangsfase. Et felles dataformat i samferdselssektoren er også nødvendig. Dette må skje ved at man enten finner en løsning på å flytte samferdselssektoren over på IFC formatet som bygg benytter seg av, eller at man oppretter et eget format for samferdsel.

#### **4.3.8 FORDELER MED IMPLEMENTERING AV BIM I SAMFERDSELSBRANSJEN**

Den ene respondenten mener samferdselssektoren vil ha fordeler av BIM. Dette gjennom at BIM bør gi høyere produktivitet, og et lavere konfliktnivå. Dermed bør man også få mer vei for pengene. Gjennom BIM legger man mer penger i planlegging, slik at man er best mulig forberedt på utførelsen. BIM øker tryggheten slik at man unngår uheldige forsinkelser, og det er dermed byggherre og prosjekterende som får de største fordelene. Byggherre og prosjekterende har også fordeler av at de har et bedre arbeidsgrunnlag og oversikt i tidlige faser av prosjektet.

Den andre respondenten forteller at BIM medfører at entreprenøren kan optimere utførelsen på mange nivåer. I anbudsfasen vil kvaliteten av prisestimatet bli bedre, og man kommer frem til en mer gjennomførbar fremdriftsplan. Dette medfører en entreprenør som er mer pålitelig med tanke på kostnad og pris. BIM har også potensiale til å redusere antall ulykker når man kobler inn HMS ansvarlige når man benytter 4D-BIM. Alle disse fordelene skyldes forståelsen BIM gir av et prosjekt. Gjennom disse elementene har nok byggherre de største fordelene mener respondenten. Han får et anlegg til avtalt tid og pris. Entreprenøren vil også ha en fordel gjennom at man kan jobbe mer effektivt. Det er ingen som vil gjøre ting vanskeligere enn man må forteller respondenten.

#### **4.4 PROGRAMVARELEVERANDØR**

Programvareleverandøren er representert av en stor leverandør av programvare til samferdselsbransjen i Norge. Programvareleverandøren har en teknisk forståelse av samordningsmodellen på et annet nivå enn de som benytter seg av modellen. Respondenten er selv ansvarlig for en av de nyeste programvarene som muliggjør økt samarbeid i en modell. Respondenten har gjennom sin erfaring et overblikk over hva som er mulig i programverden i dag, og kan dermed belyse faktorer som partene i et vegprosjekt kanskje ikke har kunnskap til å belyse.

##### **4.4.1 ULIKHETER MELLOM MODELLBASERTE- OG TEGNINGSBASERTE PROSJEKTER**

Respondenten mener at den viktigste forskjellen er oversikt. Det er ikke mulig å få den samme oversikten over så mange fagdisipliner på ett sted på en tegning som man kan i en samordningsmodell. Dette er spesielt viktig i prosjekter som foregår i byene der det er mye eksisterende struktur både under og over bakken. Det er på slike prosjekter ofte trangt om plassen når objekter skal plasseres. Det kan være snakk om at man har et spillerom på bare noen få cm. Dette vil være vanskelig å plassere 100% riktig med 2D-tegninger som arbeidsgrunnlag. Dette er en optimaliseringsprosess som gjøres best i 3D. Det er enklere å holde oversikten over hva som befinner seg foran, bak, over, og under i en 3D-modell. Respondenten tenker at dersom man skal komme 100% i mål ved kun bruk av 2D-tegninger vil entreprenøren eventuelt måtte gjøre justeringer underveis, og ta avgjørelser ute på anleggsplassen.

#### **4.4.2 UTFORDRINGER VED Å BENYTTE SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Respondenten forteller at samordningsmodellen består av fagmodeller og grunnlagsmodeller som er satt sammen. For at disse skal kunne settes sammen i en og samme modell må man i dag nøytralisere disse modellenes originale format. Gjennom denne prosessen eliminerer man en del av intelligensen til de opprinnelige modellene. Det er varierende hvor mye av intelligensen som må elimineres. Dette vil avhenge av hvilket samordningsverktøy som benyttes. Dette er en utfordring når man skal benytte samordningsmodellen som eneste leveranse. Det vil da bli en del informasjon som ligger i fagmodellene og grunnlagsmodellens originale filformater som mangler i leveransen. Respondenten forteller at man vil nok ha leveranse etter håndbok V770-modellgrunnlag en god stund til. Dette da man har muligheten til å levere både samordningsmodellen, og alle modellene den består av på deres respektive originalformat. Overleveringsformater er en utfordring da man ikke har åpne standardiserte overleveringsformater som fungerer godt nok i dag. Det hadde ikke vært mulig å levere alt prosjektert materiale i en samordningsmodell i dag på åpne formater. Dersom man hadde levert på denne måten hadde entreprenøren gått glipp av mye informasjon. Man hadde kommet et stykke på vei, men man hadde ikke kommet i mål med produksjonen på denne måten. Det er derfor fortsatt behov for å levere på originalformatet i tillegg til åpne formater i samordningsmodellen.

En annen utfordring er forståelsen av hva en samordningsmodell er, og hva samordningsmetodikken er. Utfordringen med dette er at man da kan gå glipp av det fulle potensialet ved å prosjektere i 3D. Et eksempel på dette kan være at byggherre har tenkt at det er tilstrekkelig å bestille 3D-modell leveranse, eller fagmodell leveranse, men har ingen krav til at samordningsmetodikken benyttes. Dette medfører at man ikke har stilt krav til at modellene er satt sammen til en samordningsmodell, og dermed ikke kvalitetssikret med kollisjonskontroll.

Kompetansen til de som skal benytte samordningsmodellen er også en utfordring. Dersom et prosjekt gjennomføres utelukkende modellbasert vil man kunne svekke arbeidskapasiteten til folk med mye erfaring og kunnskap relatert til tradisjonell gjennomføring. Dette kan være en anleggsleder som vil slite med å styre prosjektet fordi han ikke er vant med 3D-modellen som verktøy. Anleggslederen klarer da kanskje ikke å skaffe seg samme oversikt som med 2D-tegningene. Dersom disse ikke følges opp av folk med kompetanse til å jobbe med 3D-modeller vil man gå glipp av et viktig bidrag til prosjektet gjennom erfaringen og kompetansen til anleggslederen.

Respondenten forteller også at man gjennom å eliminere bruken av 2D-tegninger kanskje fører til at man ikke alltid har det mest effektive verktøyet tilgjengelig. For eksempel dersom man i produksjonen skal gjennomføre enkle mål med tommestokken kan det være enklere å lese målet rett fra en 2D-tegning i forhold til å ta opp et nettbrett, og deretter hente opp modellen. Det kan da bli en utfordring å sørge for at man alltid har det mest effektive verktøyet til enhver tid.

Per i dag er det også en del informasjon som mangler i modellen som vil være naturlig å ha på en 2D-tegning. Det som nevnes oftest er plasstøpte konstruksjoner der man fortsatt har beskrivelse av støpeprosessen, krav til betongen, og utførelse på 2D-tegninger.

#### **4.4.3 TILTAK FOR Å KUNNE BENYTTTE SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Når det kommer til tiltak for å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse nevner respondenten først og fremst kunnskap. Man må heve kompetanse og kunnskapsnivået til bransjen knyttet til bruken av samordningsmodellen, og prosessen rundt bruken av denne.

Når det gjelder programvare må man få frem enklere verktøy slik at en samordningsmodell vil kunne dekke samme behov som man i dag får dekket via en 2D-tegning. Dette krever forenklinger. Dagens programmer er ofte laget for litt tyngre brukere som for eksempel prosjekterende.

Respondenten ser også behov for å videreutvikle web- og applikasjon-modellbruken, for å kunne inkludere alle involverte parter i et prosjekt. De som i dag hovedsakelig benytter 2D-tegninger i et av prosjektenes ulike faser har behov for nye verktøy. Verktøyene må tilpasses brukernes behov, og sørge for at de får samme eller bedre nytteverdi ved å bruke samordningsmodellen enn ved å bruke 2D-tegninger. Dette gjelder eksempelvis entreprenør og byggherre. Det vil si at programvareleverandøren må tilby programvare for nye kundegrupper som har andre behov og utfordringer.

Når det gjelder overleveringsformater må man få på plass et format som fungerer godt nok slik at all informasjon på det originale formatet følger med inn i samordningsmodellen. Det pågår to store internasjonale samarbeid på dette området: IFC-allignment og IFC-road utviklet av buildingSMART, og infraGML utviklet av OGC. Dette er dataformater som på sikt skal kunne løse problemene. Respondenten mener imidlertid at ovennevnte formater ikke nødvendigvis løser problemet. Det pågår flere forskningsprosjekter på dette området, og det er ikke sikkert man har funnet den beste løsningen for å dele data på. Respondenten forteller også at dette ikke er noen unnskyldning for ikke å kunne jobbe modellbasert. Man må fortsette med en midlertidig løsning med en blanding av originale og åpne formater inntil den tidkrevende standardisering av formater er klar.

#### **4.4.4 FORDELER MED IMPLEMENTERING AV BIM I SAMFERDSELSBRANSJEN**

Respondenten mener at den viktigste fordelen med implementeringen er at man får en bedre måte å drive kvalitetssikring på, gjennom å jobbe integrert med alle fagdisipliner samlet i samme 3D-modell. Tidligere hadde man også en prosess på tvers av fagdisipliner med møter hvor man diskuterte løsninger, men da uten BIM modellen. Det integrerte tverrfaglige samarbeidet i en felles modell gjør det mulig for alle de ulike fagdisiplinene å holde seg løpende oppdatert på hva de andre gjør i modellen. Man har erfart at dette reduserer en del prosjekteringsfeil. Dersom man bygger direkte etter BIM-modellen vil man eliminere en del feilkilder. Blant annet vil en 2D-tegning være et bearbejdet produkt

av modellen der bearbeidingen kan føre til feil. Det er også ting knyttet til manuelle prosesser i forbindelse med koordinathåndtering som kan være potensielle feilkilder.

Respondenten forteller også at hvis man legger mer ressurser i planleggingen med BIM så vil dette kunne få positive effekter. Man vil potensielt få færre situasjoner der entreprenøren må foreta justeringer på hvordan ting skal gjøres på anlegget. Når dette er planlagt i detalj i BIM-modellen vil entreprenøren kunne fokusere på produksjonen, og avgjørelsene tas av fagfolk i planleggingsfasen. Dette fører til at man får ryddet opp i arbeidsoppgaver og ansvar slik at de ulike partene i bransjen kan gjøre det de er gode til.

Fordelen forventes å komme gjennom kostnadsbesparelse for et ferdig utført anlegg. Dette får man fordi BIM-metodikken medfører at man luker bort en del feil og konflikter mellom fag underveis i prosjekteringsprosessen. Dette gir entreprenøren et riktigere produksjonsgrunnlag, og han kan dermed gjøre ting riktig første gang. Det gir altså vesentlig færre endringsordre og dermed lavere kostnader. Regningen ender opp hos byggherre, og det er av den grunn han som har de største fordelene økonomisk sett med implementeringen av BIM.



## 5 DISKUSJON

I dette kapittelet diskuteres resultatene. Det vil gjøres ved at de ulike partene sammenliknes på tvers av samferdselsbransjen. Med partene menes de ulike respondentene som er representert i intervjuresultatene presentert i kapittel 4.1 til og med kapittel 4.4. Dette vil si byggherre, prosjekterende, entreprenør, og programvareleverandør. Deler av diskusjonen er ikke relevant for programvareleverandøren fordi vedkommende ikke er deltakende i prosjekter på lik linje med de andre. Dette gjelder resultatkapittel 4.5.1 til og med 4.5.4 som er prosjektspesifikke tema. Under hvert delkapittel vil partene sammenliknes ut ifra kapittelets tema på tvers av de ulike partene, men også partene imellom. Innholdet vil også knyttes opp til teorien presentert i kapittel 3 der dette er relevant. Det blir også presentert informasjon om samordningsmodellens bruksområde, og erfaringer i samferdselsbransjen i Norge per i dag. Dette er ikke et av forskningsspørsmålene, men bidrar til å gi et bilde av hva som praktiseres i dag. For å sette problemstillingen inn i et mer helhetlig perspektiv.

### 5.1 SAMORDNINGSMODELLENS BRUKSOMRÅDER I DAG

Samordningsmodellens bruksområder i dag er relativt lik i ulike prosjekter med utgangspunkt i resultatene som er presentert i denne oppgaven. Bruken varierer i henhold til hvilke oppgaver den respektive parten har i et vegprosjekt. Det er også noen variasjoner innad hos partene. Dette kan skyldes at respondentene ikke har nevnt alle bruksområdene under intervjuet, eller at de har fokusert på enkelte bruksområder. Det kan også være at det er tatt i bruk ulik programvare og teknologi. Variasjonene vil da reflektere en implementeringsfase i bransjen hvor det ikke er bred enighet eller oppfatning av hvordan modellbasert prosjektering skal gjennomføres.

**Kommunikasjonsverktøy:** På et overordnet plan benyttes samordningsmodellen som et kommunikasjonsverktøy, som grunnlag i møter og diskusjoner. Modellen bidrar til at deltakerne får en bedre forståelse av hva som diskuteres. Det kan ligge besparelser i å benytte samordningsmodellen som kommunikasjonsverktøy, men det er imidlertid ikke blitt kvantifisert basert på det som ble registrert under litteraturstudiet. Besparelspotensialet er knyttet til redusert tid. I henhold til respondentene gir samordningsmodellen en mulighet for raskere forståelse da man ser hele 3D-modellen, og hvordan ting henger sammen. Tilsvarende oversikt og forståelse gjennom bruk av 2D-tegninger er mere tidkrevende, og krever også kompetanse og erfaring, når helheten må etableres ved å se på flere tegninger.

**2D-tegninger og 3D-modell:** I alle prosjektene som respondentene har vært involvert i har det vært levert like mange tegninger som ved tegningsbaserte prosjekter. Samordningsmodellen har blitt levert i tillegg til 2D-tegninger. Dette har vært nødvendig da disse prosjektene har vært pilotprosjekter når det kommer til modellbasert prosjektering etter håndbok V770. Dette kan føre til redusert bruk av samordningsmodellen, og at man heller støtter seg til de tradisjonelle 2D-tegningene.

Dobbelt leveransen i form av tegninger og modeller er også kostnadsdrivende da man må bruke tid på produksjon og oppdatering av tegninger i tillegg til modellen.

Dersom man eliminerer tegningsproduksjonen hos prosjekterende så vil det frigjøres ressurser som kan brukes på å gjøre samordningsmodellen til et bedre produkt. På en annen side vil elimineringen av 2D-tegninger kunne være et problem dersom entreprenøren fortsatt har behov for tegninger til deler av utførelsen. Det blir da deres ansvar å stå for produksjonen av disse. Det kan da diskuteres om det er hensiktsmessig å flytte ansvaret over til entreprenøren som ikke nødvendigvis sitter på ressurser til å gjennomføre tegningsproduksjon. Det kan være best i en implementering-, og teknologiutviklingsfase at dette gjøres av prosjekterende som allerede har kompetanse og erfaring knyttet til tegningsproduksjon. I henhold til kapittel 3.1.2 der BIM for den prosjekterende er beskrevet skal man lett kunne generere tegninger ut ifra BIM-modellen. Dette gjøres i byggebransjen ved å legge inn snitt i modellen for å vise tverrsnittet av de aktuelle objekter man skal lage en tegning av. Det ble imidlertid påpekt under intervju med de prosjekterende at dette ikke er mulig i de dataverktøyene de benyttet seg av. Dette var imidlertid mulig for konstruksjonsfagene påpekte respondentene. Dersom dette hadde vært mulig kunne det vært mer aktuelt for entreprenør å hente ut de 2D-tegningene han trengte.

**Kvalitetssikring:** Samordningsmodellen har blitt brukt til å kvalitetssikre ulike aspekter av prosjektet. Hos byggherre ble modellen brukt til å kontrollere kvaliteten på utført arbeidet på anlegget. Den ble også benyttet til å kontrollere mengdene som ble oppgitt av entreprenør, finne løsninger på problemer, visuell kontroll av prosjektert materiale, og kontroll av koding av objekter. Selv om ikke kostnader er knyttet til modellen gjennom såkalt 5D-BIM samsvarer bruken av samordningsmodellen godt med kapittel 3.1.1 der BIM fra en byggherres perspektiv er beskrevet. Dette gjelder kontroll på mengder, og kontroll på kollisjoner mellom fag. Disse faktorene kan gi byggherre bedre kontroll på kostnader, og på prosjekteringsfeil i form av kollisjoner som nå kan oppdages før byggestart når kostnadsdrivende utstyr og mannskap er på plass.

Prosjekterende bruker samordningsmodellen til **kollisjonskontroll**. Dette gjør at de får kvalitetssikret prosjekteringsarbeidet underveis i prosjekteringen. Dette til forskjell fra tidligere når man kontrollerte gjennom bruk av 2D-tegninger hvor ikke alle fag er samlet på en tegning slik som de er i modellen. De prosjekterende har også benyttet modellen til **problemløsning**, hvor de utnyttet 3D-modellens visualiserende egenskap. Denne har i følge respondentene ført til bedre løsninger som eksempelvis kan føre til besparelser gjennom løsninger bedre egnet til utførelse for entreprenøren. Da vil besparelsen kunne komme i form av redusert tid for gjennomføring av byggingen. Et annet potensielt sparemoment ligger i hvilken type utstyr som det blir behov for under utførelsen som følge av bedre løsninger. Dette da leie av utstyr er kostnadsdrivende som det ble presisert under intervjuene.

**Kollisjonskontrollen** og bruken av den visualiserende egenskapen til å **kommunisere** samsvarer godt med kapittel 3.1.2 der BIM fra den prosjekterende sitt perspektiv er



beskrevet. Det er imidlertid produksjon av 2D-tegninger direkte fra modellen som ikke har kommet like langt hos veifagene som for bygg. Dette skyldes at eksisterende programvare ikke har de samme funksjonalitetene som programmene som benyttes for bygg. Det produseres imidlertid tegninger fra modellen, men de genereres på en annen måte enn å legge inn snitt i modellen. Det kan se ut til at det er behov for en snittfunksjon slik at man kan se på tverrsnittet av ulike objekter. I alle fall når det er snakk om å ikke levere 2D-tegninger mellom partene slik oppgaven forutsetter bruken av samordningsmodellen.

Entreprenørens bruk av samordningsmodellen omfatter **produksjonsplanlegging** på anlegget, og som grunnlag for **produksjon av fremdriftsplaner**. Samordningsmodellen har også vært benyttet til **kontroll av utført arbeid**. Dette har blitt gjort ved **kollisjonskontroll** mellom samordningsmodellen, og laserscanning av utført arbeide. I tillegg har den ene entreprenøren benyttet seg av **4D-BIM**. Denne bruken samsvarer godt med kapittel 3.1.3 der BIM er beskrevet ut ifra entreprenørens perspektiv på produksjonsplanlegging, produksjon av fremdriftsplan, og 4D-BIM. Det er imidlertid kun den ene som har erfaring fra bruk av 4D-BIM. Den andre har forklart at de ikke benytter dette på nåværende tidspunkt, men er klar over muligheten dette gir. Det kan bidra til besparelser som ikke er lett å sammenlikne mellom ulike prosjekter eller kvantifisere. Dette fordi det er vanskelig å peke på hvilke spesifikke besparelser som skyldes bruk av samordningsmodellen. Først og fremst kan besparelsene komme gjennom kommunikasjon, men også gjennom bedre forståelse av arbeidet slik at man potensielt får en fremdrift med færre stop i produksjonen. Dette ble også nevnt av en av respondentene. Respondenten som benytter 4D-BIM hvor tid er knyttet til samordningsmodellen påpeker at man ved å koble inn HMS personell på et tidlig stadium også vil kunne forhindre kostbare ulykker. Dette er også i samsvar med litteraturen (Barnes and Davies, 2014).

Det går frem av intervjuene at bruken av samordningsmodellen stopper på leder nivå hos entreprenøren. Dette kan skyldes at det enda ikke er verktøy som er gode nok til å erstatte 2D-tegningen til for eksempel forskalingsnekkeren eller jernbinderen. Modellen må kunne erstatte 2D-tegningene for de som benytter disse. Verktøyet må da være slik at brukeren effektivt kan hente ut tilsvarende informasjon i 3D-modellen som han får ut av 2D-tegningene. Det virker jo ikke hensiktsmessig å flytte deler av tiden som ble brukt til å produsere 2D-tegningene over på en som må bruke lenger tid for å benytte en samordningsmodell. Hovedintensjonen med BIM er at det skal være effektiviserende.

### **5.1.1 FORDELER VED BRUK AV SAMORDNINGSMODELLEN**

Fordelene som blir presentert her er basert på respondentenes erfaringer fra modellbaserte prosjekter. De viktigste fordelene knyttet til bruken av samordningsmodellen er økt grad av **forståelse** ved **kommunikasjon**, **oversikt** og **kvalitetssikring**.

**Økt grad av forståelse** er en fordel som alle partene har erfart i prosjektene de har vært involvert i. Forståelsen bedres ved å ha samordningsmodellen som arbeidsgrunnlag, til bruk for kommunikasjon i møter, og i tillegg på I-pad ute på anlegget. I

samordningsmodellen kan man se ting i 3 dimensjoner kontra en 2D-tegning. Det nevnes at 3D-modellen som er et bilde av fremtidig situasjon etter at prosjektet er gjennomført er enklere å forstå i forhold til en 2D-tegning. Dette da fagkompetanse er nødvendig for å danne seg tilsvarende 3D-bildet i hodet basert på tegninger. Dette er i samsvar med BIM-teorien som mener økt grad av forståelse er en viktig fordel hos alle aktørene ved bruk av BIM. Dette nevnes i kapittel 3.1.1 BIM for byggherre, 3.1.2 BIM for prosjekterende, og 3.1.3 BIM for entreprenøren. Helhetlig og hurtigere forståelse av informasjon gitt i en samordningsmodell kan gi besparelser i form av tid og penger. Dette nevnes av en av respondentene, men dette er ikke kvantifisert eller tallfestet. Det kan imidlertid virke overveiende sannsynlig at en slik besparelse vil kunne finne sted, da en reduksjon i tidsbruk for de ulike aktørene nødvendigvis betyr lavere kostnader.

Samordningsmodellen gir **bedre oversikt** for de som er involvert i prosjektet forteller respondentene. Denne oversikten kommer gjennom at samordningsmodellen viser et helhetlig bilde av prosjektet. Dette inkluderer alle fag som er samlet i en 3D-modell. Oversikten modellen gir er viktig for alle som benytter modellen, men den er spesielt viktig for prosjekterende, og entreprenør. Prosjekterende forteller at sidefag som blir hentet inn for å gjennomføre små deler av prosjektet får en rask og god oversikt gjennom samordningsmodellen. De ser hvor deres arbeid hører hjemme i helheten i prosjektet, og de ser hva de må ta hensyn til når disse skal prosjektere inn sine objekter, som for eksempel andre objekter i modellen. Dette er en fordel da det sparer tid som tidligere ble brukt til å bla igjennom tegningspermer for å skaffe seg oversikten over alle fagene. Økt grad av oversikt gjelder også entreprenøren. Her er det snakk om at noen skal inn å gjøre en del av utførelsen. Denne personen vil kunne sette seg raskt inn i fremtidig situasjon, og kunne se hva som ligger rundt det området han skal jobbe på, som kabler, rør eller konstruksjoner. Han benytter samordningsmodellen for å få oversikten, men han vil kunne ha behov for 2D-tegningene som viser arbeidsgrunnlaget til eget fag.

**Kvalitetssikringen** er en konsekvens av at feil og mangler blir fanget opp ved bruk av samordningsmodellen. Dette nevnes også av Eastman et al. (2011) som et av de store potensialene til BIM. Kvalitetssikringen gjøres ved å kjøre kollisjonstester i et dataprogram, men også ved visuell kontroll. Dette handler om å fange opp feil, konflikter, eller ugunstige løsninger som ville ført til problemer under utførelsen. Dette ble nevnt av både byggherre og prosjekterende. Kollisjonskontrollen er ikke forbeholdt byggherre og prosjekterende, men kan gjennomføres av alle parter i samordningsmodellen forutsatt at man har kompetanse og programvare til å gjennomføre dette.

Med samordningsmodellen ser det ut til at man får flere sikkerhetsnett. Med dette menes at både byggherre og prosjekterende kan fange opp feil enkelt i modellen før entreprenøren overtar modellen, gitt at det er snakk om en utførelsesentreprise. Entreprenøren har også mulighet til å identifisere potensielle feil før utførelsen settes i gang. De kan da rettes opp før byggestart dersom ikke feilen tar for lang tid å rette opp slik at utførelsen blir utsatt.

Det kan virke som om dette er en av fordelene som gir den største økonomiske besparelsen, dersom man ser på en hver feil som opptrer som en potensiell endringsordre. Altså at entreprenøren må gjøre en jobb annerledes eller at feilen medfører tilleggsarbeider i forhold til kontrakten. Det er tidligere beregnet at en gjennomsnittlig endringsordre kostet 55 000,- på et prosjekt (Vianova). Ergo vil alle feil som er forhindret potensielt kunne forhindre en kostnad i tilsvarende størrelsesorden. Dette er ikke kvantifiserte tall, men et potensiale basert på en analyse av et vegprosjekt. Besparelsen er også vist i en analyse som er gjennomført av Vianova, presentert i kapittel 3.8 Målbare effekter av modellbasert vegprosjektering i Norge. Dette var en analyse av ulike prosjekter i både størrelsesorden og kompleksitet, men den gir indikasjoner på en kraftig reduksjon av antallet endringsordre i modellbaserte prosjekter.

### **5.1.2 UTFORDRINGER VED BRUK AV SAMORDNINGSMODELLEN**

Utfordringene er i likhet med fordelene basert på respondentenes erfaringer fra modellbaserte prosjekter. Partene har fokusert på forskjellige utfordringer. Dette kan skyldes at de forskjellige partene har ulike behov som skal dekkes ved å benytte samordningsmodellen. Det er imidlertid noen likheter mellom utfordringene som nevnes. Byggherre og prosjekterende oppgir to sammenfallende utfordringer. Den ene utfordringen gjelder at **ikke alle fag prosjekterer i 3D**, og den andre gjelder **manglende kompetanse** og vilje til å ta i bruk samordningsmodellen. Sistnevnte samsvarer også med entreprenørens synspunkter.

Respondentene forteller at 3D-modellen er virkelighetsnær og ”komplett” på tross av at **ikke alle prosjekterende fag bidrar til modellen**. Dette fører til at man lett kan glemme de fagene som ikke finnes i 3D-modellen, og det blir vanskelig å koordinere fagene som kun er i 2D-tegninger med fagene i 3D-modellen. Dette er en utfordring som synes å være et implementerings problem. Eastman et al. (2011) nevner også slike implementerings utfordringer, og understreker at implementeringen krever mer enn kursing av ansatte og nye verktøy. Konsekvensen med noen prosjekterende i 2D og resten i 3D vil kunne være en potensiell feilkilde i et vegprosjekt. Dette fordi det potensielt kan forekomme kollisjoner mellom disse fagene som ikke fanges opp i samordningsmodellen. Kollisjonen kan dermed føre til økte kostnader dersom kollisjonen ikke oppdages før utførelsen, og medfører en endringsordre som tidligere nevnt. Det trenger imidlertid ikke bare være snakk om en kollisjon. Det kan også medføre omgjøringsfeil som at man graver igjen en grøft før man har plassert ned objektene til fagene som er i 2D. Dette kan skje dersom man kun benytter samordningsmodellen som visuell kontroll. Dette vil da føre til at man må grave opp grøften igjen som vil føre til økte kostnader.

**Manglende kompetanse** og vilje til å ta i bruk samordningsmodellen er også et oppstartsproblem som må kunne forventes på et pilotprosjekt. Mangelen på kompetanse kan skyldes at man gjennom modellbaserte vegprosjekter får mange nye databrukere som til nå har benyttet seg av tegningspermer. Disse er ikke vant til å benytte dataverktøyet som samordningsmodellen krever. Dette burde kunne løses med opplæring, men det kan være en krevende omstilling for folk som har jobbet lenge. Dersom omstillingen

oppleves som tungvint for de som skal ta i bruk disse verktøyene er det naturlig at det blir mangel på vilje. Det kan være disse personene er fornøyde med tegningspermen fordi den fungerer, og at de vegrer seg for å ta i bruk nye verktøy.

### **5.1.3 HVORDAN ENTREPRISEFORM PÅVIRKER SAMORDNINGSMODELLEN**

Partene mener gjennomgående at valgt entreprisform ikke påvirker bruken av samordningsmodellen. Det partene mener blir påvirket er produksjonsgrunnlaget, graden av samarbeide, og kvaliteten på samordningsmodellen.

Byggherre nevnte at produksjonsgrunnlaget kan bli mindre omfattende ved en totalentreprise. Dette begrunnet med at ved en utførelsesentreprise står byggherre for modellen, og entreprenøren vil da ønske seg et best mulig produksjonsgrunnlag. Ved en totalentreprise er det entreprenøren som står for modellen, og han vil dermed ikke bestille noe han ikke har behov for som produksjonsgrunnlag. Dette vil kunne gi en potensiell besparelse for byggherre. Det kan virke trolig at produksjonsgrunnlaget blir mindre omfattende. Imidlertid kan byggherre i en totalentreprise påvirke produksjonsgrunnlaget gjennom sine krav, og derved vil man ikke nødvendigvis oppnå disse besparelser. Det er derfor viktig at byggherre er bevisst denne problemstillingen.

Partene er generelt enige om at totalentreprise er den entreprismodellen som er best egnet ved bruk av samordningsmodellen. Dette i likhet med litteraturen som nevnt i kapittel 3.7.2 hvor totalentreprise og betydningen av dette for BIM er beskrevet. Dersom bruk av samordningsmodellen gir de potensielle gevinstene som respondentene og litteraturen angir, og totalentreprise reduserer utgiftene ytterligere kan det synes fornuftig å velge totalentrepriser ved modellbasert prosjektering. Totalentrepriser er imidlertid også anbefalt til Statens vegvesen i henhold til en rapport gjennomført av (Oslo Economics, 2015) som sikter til at Statens vegvesen kan oppnå besparelser ved å velge totalentreprise fremfor utførelsesentreprise (se rapporten for mer informasjon).

Både entreprenør og prosjekterende påpeker at entreprenør i en totalentreprise har muligheten til å påvirke modellen på et tidligere tidspunkt. På denne måten kan man spille på flere av partenes kreativitet som en av respondentene nevner. Tidlig påvirkning fra entreprenøren er en fordel da løsningene i samordningsmodellen kan påvirkes slik at de blir mer tilpasset entreprenørens foretrukne måte å bygge på. Løsningene blir altså mer byggevennlige. En konsekvens av dette kan være en besparelse grunnet kortere gjennomføringstid ved valgt løsning kontra en som er mindre byggevennlig.

Respondentenes erfaringer kommer fra prosjekter som er gjennomført etter utførelsesentreprise. Det kan derfor være svakheter ved resultatene knyttet til at respondentene selv ikke har erfaring fra modellbasert totalentreprise. På en annen side er de klar over hva en totalentreprise som gjennomføringsform betyr. Det er også en del overførbare likheter fra tegningsbasert totalentreprise blant annet hvilken påvirkningsgrad entreprenøren har som synes uavhengig av type prosjektering.

På et av prosjektene har imidlertid tre av respondentene som representerer hver sin part en felles oppfatning av godt samarbeide på en modellbasert utførelsesentreprise. En av

respondentene mener også at graden av samarbeidet er uavhengig av entreprisform, men at fordelene er at man blir tvunget til et godt samarbeide i en totalentreprise. Det kan da virke som om et godt samarbeide kan oppnås på frivillig basis, og er i mindre grad avhengig av hvilken entreprisemodell som velges.

#### **5.1.4 ULIKHETER MELLOM MODELLBASERTE- OG TEGNINGSBASERTE PROSJEKTER**

Behovene til de ulike partene varierer avhengig av deres respektive arbeidsoppgaver i et vegprosjekt, det er derfor også her fokusert på forskjellige tema. Mange av forskjellene er de samme som ble nevnt under fordeler ved bruk av modellen (kapittel 5.1.1). Det nevnes at man har en økt grad av forståelse, visuell kontroll, og en enklere kvalitetssikring i modellbaserte prosjekter i forhold til tegningsbaserte prosjekter. I tillegg blir den tverrfaglige kontrollen bedre.

Byggherre nevner at kommunikasjon mot tredjepart blir bedre i modellbaserte prosjekter. Han mener imidlertid at 2D-tegningen kan være en mer entydig form for kommunikasjon, spesielt der de som kommuniserer ikke er i samme rom og kan se på det samme modellutsnittet. Det kan ofte være enklere å henvise til et tegningsnummer, og en revisjonsutgave av denne tegningen. Dette i motsetning til modellen hvor man kan zoome seg inn på et objekt og ikke være sikker på om motparten ser på det samme som man diskuterer. Det kan derfor tenkes at 2D-tegningen i enkelte situasjoner er det beste verktøyet. BIM er et effektiviseringsverktøy, og dersom det ikke er effektiviserende på enkelte områder bør man benytte 2D-tegninger eller andre verktøy. Det registreres at det beste vil være å benytte det på en slik måte at man oppnår en effektivisering totalt sett.

## **5.2 FORDELER MED IMPLEMENTERING AV BIM I SAMFERDSELSBRANSJEN**

Fordelene med implementering av BIM bærer preg av partenes erfaringer ved bruk av samordningsmodellen. De nevner mye av det samme som ble nevnt under fordeler ved bruken av samordningsmodellen. Her vil de viktigste fordelene for bransjen bli diskutert, og hvem av partene i samferdselsbransjen som får de største fordelene knyttet til bruken av BIM.

Fordelen som det er størst samsvar om er lavere kostnader knyttet til prosjektene. Dette begrunnes med at man gjennom bruk av samordningsmodellen oppdager feil og kollisjoner tidligere, før byggestart. Dette er kvantifisert i kapittel 3.8 der målbare effekter av modellbasert prosjektering er presentert. Dette er imidlertid en analyse som er gjort på prosjekter med forskjellige forutsetninger i omfang og kompleksitet. Det er også få prosjekter som er sammenliknet, som kan være en mulig feilkilde. Det er imidlertid gjennomført liknende analyser i byggebransjen. Blant annet en analyse som er presentert i (Hardin and McCool, 2015) der de viser til en reduksjon av endringsordre regnet i prosentandel av kontraktssummen. Prosentandelen falt fra 18,42% av kontraktssummen ned til 11,17% av kontraktssummen når man sammenliknet tegningsbaserte prosjekter med BIM prosjekter hvor man praktiserte lonely BIM. Lonely BIM er beskrevet i (Barnes and Davies, 2014) som level 1 BIM. Level 1 BIM likner på bruken av samordningsmodellen i dag hvor man jobber hver for seg ”lonely”, og så setter fagdisiplinene sammen sine modeller for å kjøre kollisjonstest. Dette var en analyse av

408 prosjekter som er et betraktelig bedre grunnlag en Vianovas analyse. Gitt at det er mange likheter mellom byggeprosjekter og vegprosjekter er det ikke utenkelig at liknende resultater kan forventes ved bruk av BIM i vegprosjekter i dag. Dette bekreftes av flere av respondentene som mener å ha merket seg at det er blitt færre endringsordre som følge av kollisjoner og prosjekteringsfeil. Sluttrapporter fra disse prosjektene er imidlertid ikke utarbeidet slik at man ikke har kunnet tallfeste besparelsene. Det ser ut til at det er et behov for mer statistikk på vegprosjekter for å få kvantifisert reduksjonen i endringsordre, og andre besparelser. En konsekvens av besparelsene er at det vil gi en samfunnsøkonomisk gevinst.

Det nevnes også at kvaliteten på prosjektene vil øke på grunn av BIM. Dette som følge av at prosjekterende mener å kunne få til bedre løsninger ved å jobbe i 3D, hvor alle fagdisipliner er representert. Dette underbygges av respondentene ved at det gir en bedre forståelse, og dette vil kunne bety at man kan diskutere løsninger på tvers av fag med mindre behov for faglig forståelse for de andre fagene. Dette vil si at man kan ha full fokus på å være løsningsorientert.

Når man får en løsning som gjør det mulig å jobbe simultant i modellen, og ekstrahere tegninger og annen data direkte fra modell vil dette medføre færre feilkilder. Dette da dagens situasjon krever en del manuelle prosesser for å fremskaffe blant annet tegninger, og stikningsdata. Dette virker sannsynlig da det samsvarer med de andre respondentenes uttalelser relatert til uthenting av informasjon og tegninger med mange 3D-modeller i omløp.

Det virker som om det er stort samsvar mellom respondentene med hensyn til at det er byggherre som har de største fordeler med implementeringen av BIM. Fordelen kommer gjennom færre kostnadsdrivende feil og kollisjoner som følger prosjekteringen inn i byggefasen. Dette kan medføre reduserte kostnader, og siden det er byggherre som skal ta regningen er dette til hans fordel. Imidlertid nevner respondentene at alle vil få fordeler gjennom bedre oversikt og kontroll, som kan føre til en enklere, og bedre arbeidshverdag for de som jobber for både entreprenør, og prosjekterende. BIM kan gjennom økt grad av oversikt, og øket forståelse forventes å føre til øket effektivitet og produktivitet, og derved reduserte kostnader.

### **5.3 UTFORDRINGER VED Å BENYTTE SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Utfordringene ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse er et av oppgavens forskningsspørsmål. Respondentene har kommet med mange innspill til utfordringer knyttet til samordningsmodellen, bruken av modellen, informasjonsflyten, og bransjen. Her vil alle temaene av betydning for om samordningsmodellen kan benyttes som eneste leveranse bli presentert. Det er et stort samsvar mellom hva de ulike respondentene har tatt opp på de enkelte tema.

Respondentene er alle enige om at modellen må inneholde mer detaljer. Detaljene som nevnes er armering, detaljer knyttet til konstruksjoner som utsparinger, og innhold i rør, kummer, og el-skap. Dette er detaljer som vanligvis vises på 2D-tegninger per i dag. Det stilles spørsmålsteget blant respondentene om dette er lønnsomt å modellere eller ikke. En nevner at det er lite hensiktsmessig dersom modelleringen blir mer omfattende enn utførelsen ute på anlegget. Dette virker på en side som en utfordring, men på en annen side kan dette være en nødvendighet som må til for å kunne eliminere bruken av 2D-tegninger. Det kan hende at disse detaljene er noe som vil gå raskere å modellere etter hvert, og mange av detaljene kan standardiseres i bibliotek med ferdig modellerte objekter. På tilsvarende måte som finnes for byggfag for eksempel dører og vinduer.

Det er også en del informasjon som må inn i modellen som per i dag kun er tilgjengelig på 2D-tegninger. Dette er informasjon som kan være knyttet til eksempelvis utførelsen av et objekt, og detaljert data knyttet til objektets egenskaper. For at dette skal være praktisk gjennomførbart, og at denne informasjonen skal kunne følge med inn i modellen må utfordringer relatert til dataformater løses. Per i dag finnes det ingen programvareuavhengige formater som er gode nok. Dette fordi det gjennom dagens formater ikke er mulig å overføre all informasjon fra fagmodellene og inn i samordningsmodellen automatisk.

Videre er det utfordringer knyttet til programvare innen de ulike fagdisipliner. Det er utfordrende å legge inn all informasjon i fagmodellene gjennom programvare da det er tidkrevende, og det ikke er etablert gode løsninger for dette i programvaren. Dersom man skal eliminere 2D-tegningen vil det bli behov for mer informasjon i modellen.

Prosjekterende nevner at samordningsmodellen per i dag ikke brukes som leveranse til stikningsingeniøren, modellen brukes heller ikke til faglig kontroll av de prosjekterende, eller til kontroll av prosjektert materiale. Dette skyldes manglende funksjonalitet i programvaren som ikke gjør det praktisk gjennomførbart.

En annen utfordring som programvareleverandøren og en av de prosjekterende tok opp er dette med kunnskap relatert til bruk av modellen, og prosessen knyttet til denne. Modellbasert prosjektering, og de tverrfaglige prosessene knyttet til samordningsmodellen er en ny måte å jobbe på. Dersom man skal få utbytte av et effektiviserende tiltak som dette må man benytte det på rett måte. Dette krever en økt forståelse av prosessen og bruken. For eksempel skjønne viktigheten av tverrfagligheten

gjennom samordningsmodellen og gjennomføringen av kollisjonstester. Det kan virke som om kunnskapen hos de ulike partene om de andre partenes bruk er variert. Dette ble registrert i intervjuene, men dette kan ha med spørsmålene å gjøre eller uklarhet knyttet til ord og uttrykk. Selv om håndbok V770 har en definisjon av de ulike navnene på modellene var det forskjellig hva folk la i disse begrepene. Dette kan være en utfordring med tanke på kommunikasjon i mellom partene i prosjekter.

Hvis man forutsetter at utfordringene med informasjon i modellen er løst gjenstår utfordringer relatert til den praktiske bruken. Dette er utfordringer for både ledere og feltarbeidere som for eksempel forskalingsnekkere og jernbindere, som i dag kun benytter 2D-tegninger. Dette vil forde at disse må hente ut informasjonen de trenger på en i-pad eller liknende i modellen. Dette fordrer et verktøy som gjør dette mulig. En av respondentene mener implementeringen av dette kan være å legge inn en ny feilkilde. Med dette mener han at arbeiderne kan komme til skade for å hente ut feil informasjon fra modellen. Dette kan tenkes løst ved at arbeiderne gjennomgår kursing, og at verktøyene må utvikles slik at dette blir enklere, og dermed redusere sannsynligheten for denne feilkilden.

Det er også en utfordring at bruken av modellen kan ta lengre tid. Samordningsmodellen skal fungere som et effektiviseringsverktøy. Dersom man benytter lenger tid på å hente ut et mål på en i-pad enn på en tegning er deler av nytteverdien borte forteller programvareleverandøren. Det kan da diskuteres hva som er det mest effektive verktøyet ved enkelte operasjoner, og at man kanskje trenger tegninger til dette. Det er viktig å sørge for at man alltid har det mest effektive verktøyet tilgjengelig. Dette er på en annen side ikke til hinder for at samordningsmodellen skal kunne være eneste leveranse. Slik det beskrives av (Eastman et al., 2011) er en av fordelene med BIM at man enkelt skal kunne generere 2D-tegninger direkte modellen. Dette blir kanskje da gjeldende og man vil se et behov for en slik løsning i dataverktøyene som gjør det enkelt for entreprenøren å produsere de snitt/detaljer han har behov for til å bruke der dette er det mest effektive.

Omstilling er en utfordring som en av byggherre respondentene tar opp. Med dette menes at det er mange systemer som er tilrettelagt for dagens bruk av samordningsmodellen, og den modellbruken man har hatt de siste årene. Det vil være vanskelig å plutselig kreve en leveranse som ikke er tilpasset systemene til de som skal ta imot dette. Det kan altså se ut til at omstillingen krever nye systemer eller modifisering av systemer som benyttes av entreprenøren for å takle en ny type data. Det er ikke sikkert at dette er et problem da entreprenøren er interessert i å produsere så enkelt og effektivt som mulig som blir påpekt av en av respondentene. Det må kunne forventes at entreprenøren som alle andre må gjøre investeringer for å kunne ta oppdrag dersom det blir krav om modellbasert prosjektering på alle eller enkelte offentlige vegprosjekter.

Den siste og kanskje enkleste utfordringen er nettilgang av typen 3G/4G- nettverk ute i felt, for å kunne bruke og oppdatere samordningsmodellen. En av entreprenørene påpeker at nettilgangen er god i tettbebygde strøk, men ikke nødvendigvis for hele vegtraseen som kan være mange mil lang.



Partenes beskrivelse av utfordringer er basert på dagens bruk av samordningsmodellen. Det er dermed mulig at ikke alle utfordringer er identifisert. Det skal riktignok nevnes at respondentene hadde god innsikt i hva implementeringen innebar da de har mye erfaring fra prosjekter.

#### **5.4 TILTAK FOR Å KUNNE BENYTTET SAMORDNINGSMODELLEN SOM ENESTE LEVERANSE I DAG**

Tiltakene som er nødvendig for å kunne ha samordningsmodellen som eneste leveranse kommer som en naturlig følge av utfordringene som ble nevnt i forrige kapittel.

Det er et behov for å få inn mer detaljer i modellen for å kunne benytte denne som eneste leveranse. Dette inkluderer blant annet armering, konstruksjonsdetaljer, og tekniske installasjoner. Respondentene poengterte at alt lot seg modellere av disse detaljene, men det tar imidlertid lang tid å modellere noen av tingene i forhold til utbyttet av å ha disse i modellen. Dette kan tenkes løst ved at man må utvikle enklere måter å modellere disse detaljene slik at det ikke tar lenger tid enn å tegne enkle skisser og snitt i 2D. Det kan også være en løsning med ferdig modellerte objekter. Det kunne blitt leverandørene sin oppgave å modellere sine respektive produkter slik at de ulike objektene er tilgjengelig ferdig modellert i et objektsbibliotek.

Flere av respondentene nevnte også at mer informasjon må inn i modellen. Dette gjelder tekstlig informasjon som beskrivelse av utførelse knyttet til objekter, og informasjon om selve objektet. Det gikk frem av intervjuene at programvaren ikke hadde gode løsninger til å knytte slik informasjon til objektene. Dette kan løses ved å utvikle programmer som gjør det mulig å koble slik informasjon til objektene i de ulike fagverktøyene. Denne informasjonstilknytningen må også standardiseres slik at man legger inn samme type informasjon om alle objekter. Dette slik at man får entydig informasjon.

Byggherre og prosjekterende nevnte at kontroller av det prosjekterte materialet foregikk i fagmodeller for prosjekterende, og i stor grad på 2D-tegninger for byggherre. For at kontroller av det prosjekterte materialet skal bli mulig kan det tenkes at det er behov for programvare hvor slike kontroller kan foregå i samordningsmodellen på en like oversiktlig måte som på tegninger. Det kan også være aktuelt å utvikle automatiske kontroller i henhold til kravene som er stilt i håndbøkene til Statens vegvesen.

Noe alle nevner som en utfordring er dataformater. Dette er i følge programvareleverandør en langsom prosess, men det er to initiativer igangsatt som er kommet i gang med standardiseringsarbeidet beskrevet i kapittel 3.3. Det registreres at dette kan ligge litt frem i tid. Formatene kan imidlertid muliggjøre at informasjonen som legges inn i fagverktøy følger med inn i samordningsmodellen slik at denne kan benyttes til flere oppgaver. Den vil også gjøre informasjonsflyt på tvers av fagverktøy lettere uavhengig av programvareleverandør. Standardiserte formater som IFC for bygg er trukket frem av blant annet Eastman et al. (2011) som mulig løsning på slike problemer.

Når samordningsmodellen er klar til å kunne benyttes som eneste leveranse så foreslår respondentene å gjennomføre pilotprosjekter hvor man tester ut dette. Det foreslås også allerede i dag å gjennomføre en dugnad i bransjen for å finne ut hvilke tegninger som det fortsatt er behov for, og på hvilke områder 3D-modellene er tilstrekkelig og utilstrekkelig. Dette synes å være et godt forslag, og er et tiltak som burde iverksettes så snart som mulig. Dette vil kunne føre til at man får redusert kostnadene dersom det er mange tegninger som det ikke er behov for. Det kom frem under intervjuene at det er en del tegninger som man i dag benytter av gammel vane, og at det er noen som bestilles og ikke benyttes i det hele tatt. Det bør derfor iverksettes et slik tiltak også for at fokuset skal skiftes ifra ”tegninger er kjekt å ha av vane” til å være mer kritisk til hva man faktisk har behov for. I denne overgang påpekes det av programvareleverandør at det er viktig at erfarent personell tilføres ekstra ressurser til å klare overgangen i form av eksempelvis opplæring og oppfølging. Prosjekterfaring og kompetanse er viktig også i modellbaserte prosjekter. Det synes også viktig å få overført denne kompetanse til nye generasjoner, og det vil derfor være viktig å støtte disse i overgangen slik at de vil være i stand til å bidra med sine ressurser.

Kunnskapsnivået må økes forteller to av respondentene. Med dette mener de at man må forstå hva arbeidsmetoden som følger modellbasert prosjektering har å si for hvilket utbytte man får av å implementere dette. Dette kan tenkes løst ved å ansette folk med god kunnskap til dette på et strategisk plan slik at man får hevet kunnskapen i de ulike bedriftene. Eastman et al. (2011) foreslår at det ansettes en BIM strateg, og andre kompetansepersoner på ulike nivåer i bedriften for å sikre god og riktig implementering av BIM. Dette kan også tenkes gjelde modellbasert vegprosjektering. Kunnskapsnivået må ikke bare økes for å få nytte av å gjennomføre prosjekter modellbasert, men også for å sikre entydig kommunikasjon. Modellbasert prosjektering introduserer en rekke nye fagbegrep, og introduserer ny teknologi som krever en ny form for kompetanse. Eksempler er begreper knyttet til alle de ulike 3D-modellene i håndbok V770 modellgrunnlag, og kunnskap om datateknologi.

Den praktiske bruken av samordningsmodellen i felt er også en av tingene som må løses i henhold entreprenør og byggherre. Disse etterlyser produkter som løser den praktiske bruken av samordningsmodellen. Disse utfordringene gjelder praktisk bruk av samordningsmodellen for personell som jernbindere og forskalingssnekkere. For byggherre gjelder manglene den praktiske bruken ute på anlegget til kontroller. For entreprenøren finnes i-pad, og liknende mer robuste produkter som kan bidra til at disse arbeiderne også kan benytte seg av modellen. Programvaren i disse portable løsningene må imidlertid tillate at arbeideren henter ut informasjon som han ellers ville funnet på 2D-tegningen uten at dette blir en ny feilkilde som følge av at arbeideren må hente ut data som nevnt tidligere. Det kan tenkes at man må se på løsninger som gjør det enklere for entreprenøren å produsere 2D-snitt/detaljer direkte fra samordningsmodellen. Dette er en av fordelene med BIM at man lett skal kunne hente ut tegningssnitt i modellen uten videre anstrengelser som nevnt av Eastman et al. (2011). Dette for å sikre at man har mulighet til å benytte 2D-snitt/detaljer der disse er det mest effektive arbeidsgrunnlaget.

Byggherre har etterlyst en funksjon i de portable løsningene slik at det blir mulig for blant annet kontrollingeniører å legge inn informasjon, bilder, og notater knyttet til en gjennomført kontroll. Slik at denne informasjonen blir lagt inn i modellen, og knytte til objektet det gjelder.

Et tiltak som entreprenøren har etterlyst er 3G/4G utbyggingen utenfor tettbebygde strøk. Dette må løses av andre enn samferdselsbransjen, men det kan tenkes at et politisk initiativ får forgang på dette dersom det blir krav om modellbasert prosjektering på alle vegprosjekter. Slik at man kan benytte samordningsmodellen i felt og ha mulighet oppdatere denne i felt.

Omstillingen til å benytte samordningsmodellen vil også fordre oppdatering/oppgradering av utstyr som i dag er tilrettelagt for den 3D-modellbruken man har hatt i for eksempel maskinstyringssystemer. Dette nevnes av byggherre som et problem, men man må kunne forvente i en teknologisk omstilling i bransjen at alle må følge etter. Denne omstillingen kan for eksempel tvinges frem ved at det stilles krav fra myndigheter gjennom bruk av håndbøkene som per i dag ikke er kravdokumenter.



## 6 OPPSUMMERING

I denne studien er det undersøkt om samordningsmodellen som er beskrevet i Statens vegvesens håndbok V770-modellgrunnlag kan fungere som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag. Med partene menes byggherre, entreprenør, og prosjekterende.

For å kunne svare på denne problemstillingen er det laget 2 forskningsspørsmål som skal gi et utfyllende svar på problemstillingen. Forskningsspørsmålene er som følger:

- Hvilke hindringer ser man ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag?
- Hva må til for at man skal kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene under byggefasen i et vegprosjekt i dag?

Forskningsmetoden som er benyttet i denne masteroppgaven er kvalitativ i form av intervju. Det er valgt ut 2 representanter fra byggherre, 2 representanter fra entreprenør, 3 representanter fra prosjekterende, og 1 representant fra programvare leverandør. Disse respondentene har alle innsikt i modellbasert prosjektering etter håndbok V770, og har erfaring med bruk av samordningsmodellen.

Basert på intervjuresultatene i denne studien kan samordningsmodellen per i dag ikke fungere som eneste leveranse under byggefasen mellom partene i et vegprosjekt. Dette skyldes i henhold til respondentenes uttalelser at det foreligger mangler i dagens teknologi.

Det er per i dag informasjon som fortsatt kun beskrives på 2D-tegninger og ikke i samordningsmodellen. Detaljer som nevnes er: Armering, utsparinger i konstruksjon, og innhold i tekniske installasjoner som el-skap og trekkerør. Informasjonen som mangler er eksempelvis: beskrivelser av utførelse, og detaljert informasjon om objekter.

For at samordningsmodellen skal kunne fungere som eneste leveranse er det behov for følgende tiltak:

- Programvare må utvikles slik at det blir praktisk mulig å legge inn informasjon på objekter i modellen.
- Det må utvikles dataformater som gjør at denne informasjonen kan overføres fra fagverktøyene, og inn i samordningsmodellen.
- Objekter som brukes ofte i prosjekter kan standardiseres, og inngå i et produktbibliotek slik at det ikke må modelleres på nytt ved hvert prosjekt.
- Programvaren må også utvikles slik at følgende blir praktisk gjennomførbart i samordningsmodellen:
  - Byggherre må kunne kontrollere prosjektert materiale i samordningsmodellen.

- Prosjekterende bør kunne utføre prosjektering i samordningsmodellen, og dermed også gjennomføre kontroller av de ulike fagdisiplinene sitt prosjekterte materiale.
- Samordningsmodellen må kunne benyttes direkte av stikningsingeniøren.
- Det bør utvikles automatiske funksjoner for å generere 2D-tegninger fra samordningsmodellen slik at entreprenør kan generere de snitt/detaljer han eventuelt fortsatt måtte ha behov for hvor 2D-tegninger i dag fortsatt er det mest effektive verktøyet.

Det er også under studien registrert et behov for et kunnskapsløfte i bransjen slik at alle har god forståelse av bruken av samordningsmodellen, og prosessen som dette innebærer. Dette for å sikre entydig kommunikasjon i bransjen ved modellbasert gjennomføring av vegprosjekter.

Basert på funnene i denne studien presenteres her noen forslag til videre forskning innen modellbasert prosjektering, basert på erfaringer som er opparbeidet under gjennomføringen av denne studien.

1. Utrede hvilke 2D-tegninger det er behov for, og hvilke som ikke benyttes i vegprosjekter i dag.
2. Det er behov for å intervjuere medarbeidere i ulike prosjektfaser vedrørende hvilken informasjon de trenger at samordningsmodellen skal kunne benyttes som deres arbeidsgrunnlag.
3. Når byggeperioden til pilotprosjektene er over er det også behov for å utrede nytteverdien av modellbasert prosjektgjennomføring. Dette kan gjøres ved å samle data om endringsordre, og sammenlikne med flere prosjekter som ikke er gjennomført modellbasert.
4. Det kan også være interessant å se på behovet for et objektbibliotek i programvaren med ferdig modellerte objekter, og hvilke objekter som er egnet til dette.

På tross av teknologiske mangler tyder mye på at samferdselsbransjen er på god vei til å kunne utvikle tegningsbasert leveranse, og bli modellbasert.

## REFERANSELISTE

- AZHAR, S. 2011. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*.
- BARNES, P. & DAVIES, N. 2014. *BIM in principle and in practice*, London, ICE Publishing.
- BRYDE, D., BROQUETAS, M. & VOLM, J. M. 2013. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31, 971-980.
- BUILDINGSMART INTERNATIONAL. 2015. *The first IFC for Infrastructure approved as bSI Final Standard* [Online]. Buildingsmart. Available: <http://www.buildingsmart.org/2015/08/12/the-first-ifc-for-infrastructure-approved/> [Accessed 28.10 2015].
- BYGGHERREFORSKRIFTEN. 1995. *Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (byggherreforskriften)* [Online]. Arbeids- og sosialdepartementet. Available: <http://lovdata.no/pro/SF/forskrift/2009-08-03-1028> [Accessed 04.09.2015 2015].
- DALLAND, O. 2012. *Metode og oppgaveskriving* Oslo, Gyldendal Norske Forlag AS.
- DIREKTORATET FOR FORVALTNING OG IKT. 2015. *Gjennomføringsmodeller* [Online]. Available: <http://www.anskaffelser.no/temaer-bae/gjennomforingsmodeller> [Accessed 09.09 2015].
- EASTMAN, C., EASTMAN, C. M., TEICHOLZ, P. & SACKS, R. 2011. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, John Wiley & Sons.
- EIKELAND, P. T. 1998. Teoretisk analyse av byggeprosesser. *Samspill i byggeprosessen, prosjektnr*, 10602.
- HAGSTRØM, V. & BRUSERUD, H. 2014. *Entrepriserett*, Oslo, Universitetsforlaget.

- HALVORSEN, K. 2008. *Å forske på samfunnet : en innføring i samfunnsvitenskapelig metode*, Oslo, Cappelen akademisk forlag.
- HARDIN, B. & MCCOOL, D. 2015. *BIM and construction management : proven tools, methods, and workflows*, Indianapolis, Ind, Wiley.
- IDAR KIRKHORN, J. J. 2015. *Standardisering relevant også for infrastruktur* [Online]. Vianova. Available: <http://www.vianovasystems.no/Nyheter/Standardisering-relevant-ogsaa-for-infrastruktur-.Vj3cMq7RaRs> [Accessed 7.11 2015].
- KENSEK, K. M. 2014. *Building information modeling*, New York, Routledge.
- KVALE, S., BRINKMANN, S., ANDERSSSEN, T. M. & RYGGE, J. 2009. *Det kvalitative forskningsintervju*, Oslo, Gyldendal akademisk.
- LÆDRE, O. 2009. *Kontraktstrategi for bygg-og anleggsprosjekter*, Trondheim, Tapir akademiske forlag
- OLSSON, N. 2011. *Praktisk Rapportskrivning*, Trondheim Tapir akademiske forlag.
- OSLO ECONOMICS. 2015. *Entrepriseform og effektivitet i vegprosjekter* [Online]. Available: <http://www.vegvesen.no/Om+Statens+vegvesen/Presse/Nyheter/Nasjonalt/vegvesenet-sier-ja-til-flere-totalentrepriser> [Accessed 09.09 2015].
- RÅDGIVENDE INGENIØRERS FORENING. 2015. *Norges Tilstand 2015 (State of the nation)* [Online]. Available: <http://www.rif.no/om-rif/state-of-the-nation/> [Accessed 19.11 2015].
- STANDARD NORGE 2008. NS 8405:2008 Norsk bygge- og anleggskontrakt Standard Norge.
- STATENS VEGVESEN. *Planlegging, Grunnerverv, Prosjektering og bygging, Drift og vedlikehold* [Online]. Available: <http://www.vegvesen.no/fag> [Accessed 7.11 2015].



- STATENS VEGVESEN. 2014. *Om håndbøkene* [Online].  
<http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker/om-handbokene>: Statens vegvesen. [Accessed 17.08 2015].
- STATENS VEGVESEN. 2015. *Vegvesenet sier ja til flere totalentrepriser* [Online].  
Available:  
<http://www.vegvesen.no/Om+Statens+vegvesen/Presse/Nyheter/Nasjonalt/vegvesenet-sier-ja-til-flere-totalentrepriser> [Accessed 04.08 2015].
- STATENS VEGVESEN & VEGDIREKTORATET. 2012. *Håndbok R760 Styring av vegprosjekter* [Online]. Available:  
<http://www.vegvesen.no/fag/Publikasjoner/Handboker> [Accessed 7.11 2015].
- STATENS VEGVESEN & VEGDIREKTORATET. 2014a. *Håndbok R700: Tegningsgrunnlag* [Online]. Oslo: Vegdirektoratet. Available:  
<http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker> [Accessed 20.08 2015].
- STATENS VEGVESEN & VEGDIREKTORATET. 2014b. *Håndbok V770: Modellgrunnlag: Krav til grunnlagsdata og modeller* [Online]. Available:  
<http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker> [Accessed 20.08 2015].
- STATENS VEGVESEN & VEGDIREKTORATET. 2015. *Håndbok V770: Modellgrunnlag: Krav til grunnlagsdata og modeller* [Online]. Available:  
<http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker> 2015].
- STATISTISK SENTRALBYRÅ. 2015a. *Produksjonsindeks for bygge- og anleggsvirksomhet, 2. kvartal 2015* [Online]. Available:  
<https://www.ssb.no/bygganlprod> [Accessed 19.11 2015].
- STATISTISK SENTRALBYRÅ. 2015b. *Tabell: 09174: Lønn, sysselsetting og produktivitet, etter næring (Bruttoprodukt per utførte timeverk)* [Online]. Available: <https://www.ssb.no/statistikkbanken> [Accessed 19.11 2015].
- THORSEN, T. S. & TØNDEL, M. 2014. *C2 - Målbare effekter i modellbaserte vegprosjekter* [Online]. Available:  
[http://www.vianovsystems.no/Brukermoeter/Brukermoete-2014-.Vf\\_1ip2vGV4](http://www.vianovsystems.no/Brukermoeter/Brukermoete-2014-.Vf_1ip2vGV4)  
[Accessed 21.09 2015].

VIANOVA. *Besparelser* [Online]. Available:

<http://www.vianovsystems.no/BIM/BESPARELSER-.VILVCN8vf-Y> [Accessed 23.11 2015].

VIANOVA. 2015a. *BIM i dag* [Online]. Available:

[http://www.vianovsystems.no/BIM/BIM-i-dag-.Vk3z7t\\_RaRs](http://www.vianovsystems.no/BIM/BIM-i-dag-.Vk3z7t_RaRs) [Accessed 19.11 2015].

VIANOVA. 2015b. *Hva er BIM?* [Online]. [http://www.vianovsystems.no/BIM/Hva-er-](http://www.vianovsystems.no/BIM/Hva-er-BIM)

[BIM](http://www.vianovsystems.no/BIM/Hva-er-BIM): Vianova. [Accessed 12.08.2015 2015].

VIKO. 2010. *Kildekritikk* [Online]. Available: <http://www.ntnu.no/viko/kildekritikk>

[Accessed 25.09 2015].

## VEDLEGG

<b>Vedlegg 1 – Oppgavetekst .....</b>	<b>83</b>
<b>Vedlegg 2 – Intervjuguide byggherre.....</b>	<b>87</b>
<b>Vedlegg 3 – Intervjuguide prosjekterende.....</b>	<b>89</b>
<b>Vedlegg 4 – Intervjuguide entreprenør .....</b>	<b>91</b>
<b>Vedlegg 5 – Intervjuguide programutvikler .....</b>	<b>95</b>
<b>Vedlegg 6 – Intervjuobjekter.....</b>	<b>97</b>



## Vedlegg 1 – Oppgavetekst

### **MASTEROPPGAVE** (TBA4940 Veg, masteroppgave)

Høst 2015

for

**Håkon Torstensen Kildal**

### *Potensialet til samordningsmodellen som eneste leveranse under byggefasen i et vegprosjekt*

#### **BAKGRUNN**

Bruk av BIM i byggebransjen har i henhold til en rekke studier medført økt produktivitet, og reduksjon av prosjekteringsfeil grunnet faglige konflikter. Utviklingen og bruk av BIM i samferdselsbransjen startet senere, og har per i dag ikke kommet like langt som i byggebransjen. Statens vegvesen implementerte BIM i sine håndbøker i 2013 i form av håndbok 138-modellgrunnlag. Denne har nå skiftet navn til håndbok V770-modellgrunnlag. Det er store samferdselsprosjekter som gjennomføres med 3D-modeller som arbeidsgrunnlag i dag. Disse er imidlertid fortsatt pilotprosjekter. Det leveres i dag mange 2D-tegninger som beskrivelse i vegprosjekter i tillegg til 3D-modeller. Formålet med denne studien å undersøke om det er mulig å kun benytte en samordningsmodell (tverrfaglig 3D-modell) som eneste leveranse for byggefasen i et vegprosjekt i Norge i dag.

#### **OPPGAVE**

##### **Beskrivelse av oppgaven**

Oppgaven skal gi informasjon om hvordan 3D-modellering i form av BIM blir benyttet av samferdselsbransjen i Norge i dag, det vil si hvordan de ulike partene i prosjektene benytter 3D-modellene i de ulike prosjektfaser. I tillegg skal oppgaven identifisere utfordringer og presentere forslag til løsninger knyttet til det å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i byggefasen.

##### **Deloppgaver og forskningsspørsmål**

- Kan samordningsmodellen benyttes som eneste leveranse mellom partene i byggefasen i et vegprosjekt i dag?
- Hvilke hindringer ser man ved å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene i byggefasen i et vegprosjekt i dag?
- Hva må til for å kunne benytte samordningsmodellen som eneste leveranse mellom partene i byggefasen i et vegprosjekt i dag?
- Hvordan benyttes samordningsmodellen i dag?
  - Hvilke fordeler og utfordringer ser partene med å benytte samordningsmodellen i dag?

## GENERELT

Opgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

### Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>.

Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse

og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

**(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.** Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

**Helse, miljø og sikkerhet (HMS):**

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaring, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til [sonja.hammer@ntnu.no](mailto:sonja.hammer@ntnu.no)

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

**Oppstart og innleveringsfrist:** Oppstart: 03.08.2015 Innleveringsfrist: 20.12.2015  
Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

**Faglærer ved instituttet:**

Kelly Pitera

**Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:**

Anders Amundsen Welde (Multiconsult)

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 05.12.2015

Underskrift



Faglærer Kelly Pitera





## Vedlegg 2 – Intervjuguide byggherre

### Intervjuguide Byggherre

#### **Presentasjon av Intervjuer:**

Mitt navn er Håkon Torstensen Kildal. Jeg fullfører denne høsten en toårig master ved NTNU i bygg og miljøteknikk retning Veg. Jeg skriver for tiden på masteroppgaven som er siste fase av studiet. Intervjuet vil være en del av masteroppgaven, og danne grunnlag for analyse og resultater i denne.

#### **Bakgrunn for Intervjuet:**

Bygningsinformasjonsmodellering eller samordningsmodeller er benyttet ved et fåtall samferdselsprosjekter i Norge. I disse prosjektene er det stor variasjon i hvordan modellen er brukt i prosjektene. Denne oppgaven har som problemstilling å finne ut om det er mulig å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i et anleggsprosjekt innen samferdsel. Oppgaven skal belyse hvordan bransjen kan få ut positive effekter ved bruk av samordningsmodeller. Med samordningsmodell menes en 3D modell som alle de ulike prosjekterende bidrar til. Modellen skal beskrive hele prosjektet slik at entreprenøren kan benytte denne som eneste grunnlag for utføringen. Det fokuseres på hvordan 3D modellen benyttes i projekterings- og byggefasen.

Ved utvalg av intervjuobjekter er det lagt vekt på at vedkommende har erfaring fra et samferdselsprosjekt som har helt eller delvis blitt gjennomført modellbasert.

#### **Gjennomføring:**

For at man under intervjuet skal kunne ha en bedre dialog velges det å benytte lydopptak i forbindelse med intervjuet samt at intervjuer føre notater. Varigheten på intervjuet er estimert å være ca. 60 min.

Intervjuet vil i all hovedsak følge fastsatte spørsmål med oppklarende innspill fra intervjuer samt oppfølgingsspørsmål ved uklarheter.

Intervjuet vil i sin helhet bli transkribert, og vedlagt oppgaven. Intervjuobjektet vil bli navngitt i oppgaven sammen med hvilket firma objektet jobber hos, og stillingstype. Det vil derfor bli sendt ut en skriftlig utgave av intervjuet slik at intervjuobjektet kan godkjenne, og eventuelt komme med innspill til teksten slik at den kan redigeres før publisering/innlevering.

#### **Innledende spørsmål**

**Fortell kort om deg selv (Navn, Tittel, Arbeidssted, Stilling, Jobberfaring)**

**Hvilket modellbasert prosjekt er det siste du har vært involvert i? Og i hvilken grad?**

**Hvordan benyttet dere samordningsmodellen?**

**Hvor stor del av prosjektet ble representert av 3D-modellen?**

**Hvilke fordeler opplevde du ved bruk av samordningsmodellen?**

**Hvilke konkrete ulemper/utfordringer opplevde du ved bruk av samordningsmodellen?**

**Hvilken entreprisform ble benyttet ved prosjektet?**

**Hvordan påvirket/påvirker valgt entreprisform hvordan dere benytter, eller om dere benytter samordningsmodellen?**

**Hvilken BIM-programvare benytter dere i bedriften?**

**Hvorfor velger dere å benytte denne programvaren?**

**Hvilke faser av prosjekter benytter dere denne programvaren, og hvordan?**

**Hoveddel:**

**Hva mener du er de viktigste ulikhetene mellom papirbaserte og modellbaserte prosjekter?**

**Hvilke fordeler ser du ved implementeringen av BIM i samferdselsbransjen?**

**Hvilke av deltakerne innehar de største fordelene av å benytte BIM i dag?**

*I oppgaven har jeg fokus på at samordningsmodellen skal være eneste leveranse i byggefasen.*

**Hvilke hindringer/utfordringer ser du med at samordningsmodellen skal være eneste leveranse i byggefasen?**

**Hvilke tiltak må til for at man skal kunne ha samordningsmodellen som eneste leveranse i et samferdselsprosjekt?**

**Hvordan burde modellen bli brukt etter din mening?**

**Har man overleveringsformater til overlevering av 3D-modeller som fungerer godt nok i dag mellom fag, og partene i prosjektet?**

**Hva gjenstår på teknologifronten for at dette skal være mulig?**

**Får dere gjennomført alle kontroller av det prosjekterte materialet i en samordningsmodell? (SVV og konsulent)**

**Hvordan opplever du nøyaktigheten til 3D-modellen?**

**Hvor høy detaljeringsgrad er det på 3D-modellene?**

**Avsluttende del:**

**Har du noe å tilføye? (er det noe som ikke har blitt spurt om som du opplever som relevant til temaet og har lyst til å utdype? )**

## Vedlegg 3 – Intervjuguide prosjekterende

### Intervjuguide Prosjekterende

#### **Presentasjon av Intervjuer:**

Mitt navn er Håkon Torstensen Kildal. Jeg fullfører denne høsten en toårig master ved NTNU i bygg og miljøteknikk retning Veg. Jeg skriver for tiden på masteroppgaven som er avsluttende emne ved studiet. Intervjuet vil være en del av masteroppgaven, og danne grunnlag for analyse og resultater i denne.

#### **Bakgrunn for Intervjuet:**

Bygningsinformasjonsmodellering eller samordningsmodeller er benyttet ved et fåtall samferdselsprosjekter i Norge. I disse prosjektene er det stor variasjon i hvordan modellen er brukt i prosjektene. Denne oppgaven har som problemstilling å finne ut om det er mulig å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i et anleggsprosjekt innen samferdsel. Oppgaven skal belyse hvordan bransjen kan få ut positive effekter ved bruk av samordningsmodeller. Med samordningsmodell menes en 3D modell som alle de ulike prosjekterende bidrar til. Modellen skal beskrive hele prosjektet slik at entreprenøren kan benytte denne som eneste grunnlag for utføringen. Det fokuseres på hvordan 3D modellen benyttes i prosjekterings- og byggefasen.

Ved utvalg av intervjuobjekter er det lagt vekt på at vedkommende har erfaring fra et samferdselsprosjekt som har helt eller delvis blitt gjennomført modellbasert.

#### **Gjennomføring:**

For at man under intervjuet skal kunne ha en bedre dialog velges det å benytte lydopptak i forbindelse med intervjuet samt at intervjuer føre notater. Varigheten på intervjuet er estimert å være ca. 60 min.

Intervjuet vil i all hovedsak følge fastsatte spørsmål med oppklarende innspill fra intervjuer samt oppfølgingsspørsmål ved uklarheter.

Intervjuet i sin helhet vil bli transkribert, og vedlagt oppgaven. Intervjuobjektet vil bli navngitt i oppgaven sammen med hvilket firma objektet jobber hos, og stillingstype. Det vil derfor bli sendt ut en skriftlig utgave av intervjuet slik at intervjuobjektet kan godkjenne, og eventuelt komme med innspill til teksten slik at den kan redigeres før publisering/innlevering.

#### **Innledende spørsmål**

**Fortell kort om deg selv (Navn, Tittel, Arbeidssted, Stilling, Jobberfaring)**

**Hvilket modellbasert prosjekt er det siste du har vært involvert i? Og i hvilken grad?**

**Hvordan benyttet dere samordningsmodellen i dette prosjektet?**

**Hvor stor del av prosjektet ble representert av 3D-modellen?**

**Hvilke fordeler opplevde du ved bruk av samordningsmodellen?**

**Hvilke konkrete ulemper/utfordringer opplevde du ved bruk av samordningsmodellen?**

**Hvilken entreprisform ble benyttet ved prosjektet?**

**Hvordan påvirket/påvirker valgt entreprisform hvordan dere benytter, eller om dere benytter samordningsmodellen?**

**Hvilken BIM-programvare benytter dere i bedriften?**

**Hvorfor velger dere å benytte denne programvaren?**

**I hvilke faser av prosjekt benytter dere denne programvaren, og hvordan?**

**Hoveddel:**

**Hva mener du er de viktigste ulikhetene mellom papirbaserte og modellbaserte prosjekter?**

**Hvilke fordeler ser du ved implementeringen av BIM i samferdselsbransjen?**

**Hvilke av deltakerne innehar de største fordelene av å benytte BIM i dag?**

*I oppgaven har jeg fokus på at samordningsmodellen skal være eneste leveranse i byggefasen.*

**Hvilke hindringer/utfordringer ser du med at samordningsmodellen skal være eneste leveranse i byggefasen?**

**Hvilke tiltak må til for at man skal kunne ha samordningsmodellen som eneste leveranse i et samferdselsprosjekt?**

**Hvordan burde modellen bli brukt etter din mening?**

**Har man overleveringsformater til overlevering av 3D-modeller som fungerer godt nok i dag mellom fag, og partene i prosjektet?**

**Hva gjenstår på teknologifronten for at dette skal være mulig?**

**Får dere gjennomført alle kontroller av det prosjekterte materialet i en samordningsmodell?**

**Hvor stor del av det prosjekterte materialet representeres av 3D-modellen? Hva gjenstår?**

**Avsluttende del:**

**Har du noe å tilføye? (er det noe som ikke har blitt spurt om som du opplever som relevant til temaet og har lyst til å utdype? )**

## Vedlegg 4 – Intervjuguide entreprenør

### Intervjuguide Entreprenør

#### **Presentasjon av Intervjuer:**

Mitt navn er Håkon Torstensen Kildal. Jeg fullfører denne høsten en toårig master ved NTNU i bygg og miljøteknikk retning Veg. Jeg skriver for tiden på masteroppgaven som er siste fase av studiet. Intervjuet vil være en del av masteroppgaven, og danne grunnlag for analyse og resultater i denne.

#### **Bakgrunn for Intervjuet:**

Bygningsinformasjonsmodellering eller samordningsmodeller er benyttet ved et fåtall samferdselsprosjekter i Norge. I disse prosjektene er det stor variasjon i hvordan modellen er brukt i prosjektene. Denne oppgaven har som problemstilling å finne ut om det er mulig å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i et anleggsprosjekt innen samferdsel. Oppgaven skal belyse hvordan bransjen kan få ut positive effekter ved bruk av samordningsmodeller. Med samordningsmodell menes en 3D modell som alle de ulike prosjekterende bidrar til. Modellen skal beskrive hele prosjektet slik at entreprenøren kan benytte denne som eneste grunnlag for utføringen. Det fokuseres på hvordan 3D modellen benyttes i prosjekterings- og byggefasen.

Ved utvalg av intervjuobjekter er det lagt vekt på at vedkommende har erfaring fra et samferdselsprosjekt som har helt eller delvis blitt gjennomført modellbasert.

#### **Gjennomføring:**

For at man under intervjuet skal kunne ha en bedre dialog velges det å benytte lydopptak i forbindelse med intervjuet samt at intervjuer føre notater. Varigheten på intervjuet er estimert å være ca. 60 min.

Intervjuet vil i all hovedsak følge fastsatte spørsmål med oppklarende innspill fra intervjuer samt oppfølgingsspørsmål ved uklarheter.

Intervjuet i sin helhet vil bli transkribert, og vedlagt oppgaven. Intervjuobjektet vil bli navngitt i oppgaven sammen med hvilket firma objektet jobber hos, og stillingstype. Det vil derfor bli sendt ut en skriftlig utgave av intervjuet slik at intervjuobjektet kan godkjenne, og eventuelt komme med innspill til teksten slik at den kan redigeres før publisering/innlevering.

#### **Innledende spørsmål**

**Fortell kort om deg selv (Navn, Tittel, Arbeidssted, Stilling, Jobberfaring)**

**Hvilket modellbasert prosjekt er det siste du har vært involvert i? Og i hvilken grad?**

**Hvordan benyttet dere samordningsmodellen i dette prosjektet?**

**Hvor stor del av prosjektet ble representert av 3D-modellen?**

**Hvilke fordeler opplevde du ved bruk av samordningsmodellen?**

**Hvilke konkrete ulemper/utfordringer opplevde du ved bruk av samordningsmodellen?**

**Hvilken entreprisform ble benyttet ved prosjektet?**

**Hvordan påvirket/påvirker valgt entreprisform hvordan dere benytter, eller om dere benytter samordningsmodellen?**

**Hvilken BIM-programvare benytter dere i bedriften?**

**Hvorfor velger dere å benytte denne programvaren?**

**I hvilke faser av prosjekt benytter dere denne programvaren, og hvordan?**

**Hoveddel:**

**Hva mener du er de viktigste ulikhetene mellom papirbaserte og modellbaserte prosjekter?**

**Hvilke fordeler ser du ved implementeringen av BIM i samferdselsbransjen?**

**Hvilke av deltakerne innehar de største fordelene av å benytte BIM i dag?**

*I oppgaven har jeg fokus på at samordningsmodellen skal være eneste leveranse i byggefasen.*

**Hvilke hindringer/utfordringer ser du med at samordningsmodellen skal være eneste leveranse i byggefasen?**

**Hvilke tiltak må til for at man skal kunne ha samordningsmodellen som eneste leveranse i et samferdselsprosjekt?**

**Hvordan burde modellen bli brukt etter din mening?**

**Har man overleveringsformater til overlevering av 3D-modeller som fungerer godt nok i dag mellom fag, og partene i prosjektet?**

**Hva gjenstår på teknologifronten for at dette skal være mulig?**

**Gir 3D-modellen tilstrekkelig informasjon til å bygge etter modellen alene?**

**Hvordan håndterer dere for eksempel overganger mellom ulike løsninger hvis dere ikke får overlevert lengdeprofil og lengdesnitt av disse?**

**Hvordan opplever du nøyaktigheten til 3D-modellen mot innmålt data fra terreng?**

**Hvordan opplever du dialogen med prosjekterende ved modellbaserte prosjekter?**

**Avsluttende del:**

**Har du noe å tilføye? (er det noe som ikke har blitt spurt om som du opplever som relevant til temaet og har lyst til å utdype? )**





## Vedlegg 5 – Intervjuguide programutvikler

### Intervjuguide Programutvikler

#### **Presentasjon av Intervjuer:**

Mitt navn er Håkon Torstensen Kildal. Jeg fullfører denne høsten en toårig master ved NTNU i bygg og miljøteknikk retning Veg. Jeg skriver for tiden på masteroppgaven som er avsluttende emne ved studiet. Intervjuet vil være en del av masteroppgaven, og danne grunnlag for analyse og resultater i denne.

#### **Bakgrunn for Intervjuet:**

Bygningsinformasjonsmodellering eller samordningsmodeller er benyttet ved et fåtall samferdselsprosjekter i Norge. I disse prosjektene er det stor variasjon i hvordan modellen er brukt i prosjektene. Denne oppgaven har som problemstilling å finne ut om det er mulig å benytte samordningsmodellen som eneste leveranse i et anleggsprosjekt innen samferdsel. Oppgaven skal belyse hvordan bransjen kan få ut positive effekter ved bruk av samordningsmodeller. Med samordningsmodell menes en 3D modell som alle de ulike prosjekterende bidrar til. Modellen skal beskrive hele prosjektet slik at entreprenøren kan benytte denne som eneste grunnlag for utføringen. Det fokuseres på hvordan 3D modellen benyttes i prosjekterings- og byggefasen.

Ved utvalg av intervjuobjekter er det lagt vekt på at vedkommende har erfaring fra et samferdselsprosjekt som har helt eller delvis blitt gjennomført modellbasert.

#### **Gjennomføring:**

For å legge til rette for en god og effektiv dialog velges det å benytte lydopptak samt at intervjuer fører notater. Varigheten på intervjuet er estimert å være ca. 60 min.

Intervjuet vil i all hovedsak følge fastsatte spørsmål med oppklarende innspill fra intervjuer samt oppfølgingsspørsmål ved uklarheter.

Intervjuet i sin helhet vil bli transkribert, og vedlagt oppgaven. Intervjuobjektet vil bli navngitt i oppgaven sammen med hvilket firma objektet jobber hos, og stillingstype. Det vil derfor bli sendt ut en skriftlig utgave av intervjuet slik at intervjuobjektet kan godkjenne, og eventuelt komme med innspill til teksten slik at den kan redigeres før publisering/innlevering.

#### **Intervjuspørsmål**

**Fortell kort om deg selv (Navn, Tittel, Arbeidssted, Stilling, Jobberfaring)**

**Hvilke fordeler ser du ved implementeringen av BIM i samferdselsbransjen?**

**Hvilke av deltakerne innehar de største fordelene av å benytte BIM i dag?  
(hva er disse?)**

**Hva mener du er de viktigste skillene mellom papirbaserte og modellbaserte prosjekter?**

*I oppgaven har jeg fokus på at samordningsmodellen skal være eneste leveranse i byggefasen.*

**Hvilke hindringer/utfordringer ser du med at samordningsmodellen skal være eneste leveranse i et samferdselsprosjekt?**

**Hvilke tiltak må til for at man skal kunne ha samordningsmodellen som eneste leveranse i et samferdselsprosjekt?**

**Har man overleveringsformater til overlevering av 3D-modeller som fungerer godt nok i dag?**

**Hva gjenstår på teknologifronten for at dette skal være mulig?**

**Er det tilstrekkelig utviklet programvare til at alle parter har muligheten til å utføre sin del av prosjektet i dag? (Entreprenøren bygger etter denne alene først og fremst, og byggherre kan utføre alle kontroller i programmet)**

**Hvilke forbedringer kan gjøres for at dette skal bli mulig?**

**Har du noe å tilføye? (er det noe som ikke har blitt spurt om som du opplever som relevant til temaet og har lyst til å utdype? )**

## Vedlegg 6 – Intervjuobjekter

### *Byggherre:*

**Navn:** Ian Markey

**Tittel:** Teknisk byggeleder for prosjektet Dronning eufemias gate

**Arbeidssted:** Statens vegvesen

**Navn:** Siri Ringstad

**Tittel:** Avdelings ingeniør/kontrollingeniør på Bjørvikprosjektet

**Arbeidssted:** Statens vegvesen

**Navn:** Jessica Bengtsson

**Tittel:** Overingeniør

**Arbeidssted :** Statens vegvesen

### *Prosjekterende:*

**Navn:** Torbjørn Tveiten

**Tittel:** Sivilingeniør

**Arbeidssted:** Vianova Plan og Trafikk

**Navn:** Ragnar Thorud

**Stilling:** Prosjektleder, oppdragsleder og prosjekteringsleder

**Arbeidssted:** Multiconsult

**Navn:** Joakim Salomonsen

**Stilling:** Sivilingeniør. Overordnet ansvar for programvare og system/rutiner vedrørende BIM-prosjektering på samferdsel.

**Arbeidssted:** Asplan viak Trondheim

### *Entreprenør:*

**Navn:** Arve Krogseth

**Tittel:** Prosjektleder

**Arbeidssted:** Hæhre Entreprenør AS

**Navn:** Mark Felix Rettberg

**Tittel:** BIM ansvarlig

**Arbeidssted:** Implenia

### *Programutvikler:*

**Navn:** Heidi Berg

**Tittel:** Sivilingeniør

**Arbeidssted:** Vianova Systems