

Bruk av BIM i beslutningsprosesser

En kvalitativ studie av veibyggingprosjektet
E39 Kristiansand - Mandal

**BENDIK HØYE &
KRISTIAN KILE**

VEILEDER

Paul R. Svennevig, UiA
Thomas Jenssen, Nye Veier

Universitetet i Agder, 2021
Fakultet for teknologi og realfag
Institutt for ingeniørvitenskap

Master

*«En tegning sier mer enn tusen ord.
En modell sier mer enn tusen tegninger»*

– Informant Norconsult

Forord

Denne studien er en masteroppgave skrevet våren 2021, og tar primært utgangspunkt i faget IND419 prosjekterings- og engineeringsledelse. Oppgaven inngår som avsluttende del av masterstudiet innen industriell økonomi og teknologiledelse ved Universitetet i Agder, fakultet for teknologi og realfag, og utgjør 30 studiepoeng.

Oppgaven er skrevet på vegne av Nye Veier, i samarbeid med Norconsult og AF gruppen, og vi ønsker å takke alle informantene for å villig dele av sin tid, kunnskap og erfaring. Takk til vår veileder ved UiA, Paul R. Svennevig for din positive innstilling, og dine mange gode spørsmål, innvendinger og forslag. Videre vil vi rette en takk til Thomas Jenssen for å ha vært vår veileder hos Nye Veier og hjulpet oss med å rette studien mot en tematikk som er aktuell og relevant for bransjen. Og til slutt, takk til Torbjørn Bjorvatn for noen gode samtaler rundt metodikk og oppbygning av oppgaven.

Målet med studien er å sette fokus på hvordan BIM påvirker beslutningsprosesser i prosjektering.

Kristiansand, 14. mai 2021



Bendik Høye



Kristian Kile

Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Sammendrag.....	5
1 Innledning	6
2 Teori.....	8
2.1 Beslutningsteori	8
2.1.1 Normativ tilnærming.....	9
2.1.2 Deskriptiv tilnærming	10
2.1.3 System 1 og system 2.....	11
2.1.4 Gruppebeslutninger.....	12
2.1.5 Usikkerhet og beslutningsverktøy.....	15
2.2 Prosjekteringsteori	17
2.2.1 Designprosessen.....	18
2.2.2 MMI – Modell modenhets indeks.....	20
2.2.3 Informasjonshåndtering	21
2.2.4 Kommunikasjon.....	22
2.2.5 Virtual design and construction	23
2.3 BIM-litteratur.....	23
2.3.1 BIM i prosjektering.....	25
2.3.2 Teknologi	27
2.3.3 Standardisering - ISO 19650.....	28
2.3.4 Nytten av BIM	29
2.4 Teoretisk rammeverk	31
2.4.1 Rasjonalitet	32
2.4.2 Samhandling	33
2.4.3 Informasjon	33
2.4.4 Kommunikasjon.....	34
3 Metode	35
3.1 Forskningsdesign	35
3.2 Valg av case.....	36
3.3 SDI-metoden.....	38
3.4 Litteraturgjennomgang	39
3.5 Pilotstudie	41

3.6	Datainnsamling.....	41
3.7	Analyse av data.....	45
3.8	Studiens kvalitet	49
3.9	Etiske betraktninger.....	52
4	Introduksjon til caset.....	53
5	Resultater	55
5.1	Rasjonalitet.....	55
5.2	Samhandling	59
5.3	Informasjon.....	61
5.4	Visualisering.....	63
5.5	Modning.....	65
6	Diskusjon	68
6.1	Rasjonalitet	68
6.2	Samhandling	72
6.3	Informasjon.....	75
6.4	Visualisering.....	79
6.5	Modning.....	82
6.6	Sammenfatning.....	86
7	Avslutning.....	88
	Referanser.....	89
	Vedlegg	97

Figurliste

Figur 1: Begrenset rasjonell beslutningsprosess (Jacobsen & Thorsvik, 2007, s. 284)	11
Figur 2: Analytisk hierarkiprosess (AHP) (Saaty, 2012, s. 3).....	16
Figur 3: Inndeling av prosjektets faser (Bygg21, 2019a, s. 5)	18
Figur 4: Avhengigheter (Sameer et al., 2016, s. 72)	19
Figur 5: MMI - Nivåer av modell modenhets indeks (Fløisbonn et al., 2018, s. 4).....	21
Figur 6: BIM tverrfaglig sammenstillingsmodell (BIM Corner, u.å.).....	26
Figur 7: BIM-modellens livsløp (WEF, 2016, s. 24)	27
Figur 8: Teoretisk rammeverk.....	32
Figur 9: Stegvis-deduktiv induktiv metode (Tjora, 2021, s. 21)	39
Figur 10: Oversikt over strekningen (Nye Veier, u.å.-a)	53
Figur 11: Visualisering av løsning i innsynsmodell.....	79
Figur 12: Kollisjon i BIM (ITB Guiden, u.å.).....	80
Figur 13: Modningsnivåer i innsynsløsningen (Teknisk Ukeblad, 2019).....	84
Figur 14: Empirisk rammeverk	86

Tabelliste

Tabell 1: Beslutningsmetoder. Hentet og oversatt fra (Justice & Jamieson, 2012)	13
Tabell 2: BIM-dimensjoner. Oversatt og inspirert av (Centre-Line-Studio, 2019).....	28
Tabell 3: Kildekritikk. Inspirert av (Kildekompasset, u.å.; NTNU, u.å.).....	40
Tabell 4: Kodegrupper og hovedgrupper	46
Tabell 5: Studiens funn av faktorer	55
Tabell 6: Oversikt over beslutningsprosesser.....	56

Sammendrag

Bruk av BIM-modeller for prosjektering i bygg og anleggsbransjen har utviklet seg til å bli en bransjestandard, men litteraturen rundt bruk av BIM i beslutningsprosesser er svakt utviklet. Denne masteroppgaven er gjennomført i samarbeid med Nye Veier, AF gruppen og Norconsult, og har undersøkt hvordan BIM påvirker gode beslutningsprosesser i prosjektering. Oppgaven består av en kvalitativ casestudie av veibyggingssprosjektet E39 Kristiansand – Mandal og søker gjennom intervjuer svar på følgende to forskerspørsmål: 1) «Hvilke faktorer kjennetegner gode beslutningsprosesser i veibygging?» og 2) «Hvordan påvirker BIM disse faktorene?».

Oppgaven gjør bruk av tre ulike litteraturer for å besvare forskerspørsmålene, herav beslutningsteori, prosjekteringsteori og BIM-teori. Litteraturstudien identifiserte faktorene *rasjonalitet*, *samhandling*, *informasjon* og *kommunikasjon* som viktige i beslutningsprosesser. Empirien bekrefter de fleste faktorene fra litteraturstudien, men spesifiserer faktoren *kommunikasjon* til *visualisering*, samt finner fenomenet *modning* som en egen faktor. Dermed kan de fem identifiserte faktorene som kjennetegner gode beslutningsprosesser og som påvirkes av BIM oppsummeres: *rasjonalitet*, *samhandling*, *informasjon*, *visualisering* og *modning*.

Funnene viser at BIM som verktøy står sentralt i gode beslutningsprosesser. Strukturerte og rasjonaliserte beslutningsprosesser omtales i teorien og empirien som en god beslutningsprosess, men samtidig viser empirien at beslutningsprosesser er situasjonsbetenget. En rasjonalisering er ikke alltid hensiktsmessig, og spesielt i enkle problemstillinger bidrar BIM med en rask felles forståelse og et godt nok beslutningsgrunnlag. BIM er også nyttig i samhandling og problemløsning ved at informasjon enkelt deles og visualiseres. I prosjektering utvikles løsninger gradvis frem gjennom tverrfaglige møter og beslutninger, og modning fremstår som et sentralt verktøy i utviklingen av design, og for samkjøring og tilpasninger av modeller.

Gjennom litteraturstudien og en empirisk undersøkelse har studien testet og utvidet gjeldende teori. Funnene i studien er samlet i et empirisk rammeverk som antas å danne et godt utgangspunkt for fremtidige studier av modellbasert beslutningstaking i lignende empiriske kontekster.

1 Innledning

Beslutninger er en viktig del av både dagliglivet og organisasjoner, og mennesker har gjennom alle tider søkt etter innsikt, verktøy og metoder for å støtte prosessen med å fatte beslutninger. Forskjellige fagdisipliner har ofte ulike tilnærminger til hvordan beslutninger tas, og filosofer, psykologer, historikere, forskere og bedriftsledere har alle ulike mål og måter å tilnærme seg hvordan beslutninger fattes. Chester Bernard lanserte i 1938 boken *The Functions of the Executive* som for første gang tok for seg beslutningstaking i organisasjoner på en systematisk måte. Sammen med blant andre James March, Herbert Simon og Henry Mintzberg ble fundamentet for utvikling av beslutningsteori i organisasjoner lagt (Buchanan & O'Connell, 2006). Beslutninger i prosjekter er på mange måter det som driver prosjekter fremover. Bygg21 (2019b) beskriver prosjekter som en rekke av beslutninger og handlinger, hvor valgene som tas ofte har en påvirkning på både fremdrift, kvalitet og mennesker. Ulike typer beslutninger krever ulike beslutningstilnærminger, men i prosessen med å ta beslutninger er evnen til å gjøre effektive, raske og velinformerte beslutninger en nøkkel (Cohen, 2005).

I løpet av det siste tiåret har digitalisering og utvikling innen bruk av ny teknologi skutt fart i bygg- og anleggsbransjen. Nye Veier har etter opprettelsen i 2016 satt svært ambisiøse krav til bruk av teknologi og bygningsinformasjonsmodeller (BIM) i deres prosjekter, noe som har stimulert rådgivere og entreprenører til teknologisk utvikling. BIM-modellering er i ustrakt bruk for å støtte prosjektgjennomføring, og har utviklet seg til å bli en bransjestandard (Bygg.no, 2016).

Det finnes mye litteratur som beskriver ulike tilnærminger og metoder for beslutningsprosesser i prosjekter, men lite litteratur som omhandler hvordan bruken av BIM påvirker beslutningsprosesser. Ellingsen (2013) har i sin masteroppgave studert byggherrebeslutninger i tidlig fase, men viser til behovet for å utføre studier som omhandler flere aktører, og andre faser i prosjektet. Ifølge Bygg21 (2019b) danner BIM et nyttig informasjonsgrunnlag i beslutninger, men rapporten sier ikke noe konkret om hvordan og hvorfor BIM påvirker beslutningsgrunnlaget. Forsknings- og utviklingsprosjektet Samtidig Prosjektering (u.å.-b) omhandler primært utvikling av en arbeidsmetodikk, men viser også til at BIM har vært svært nyttig som en katalysator i beslutningsprosesser. I prosjekteringsfasen av prosjekter gjøres det mange valg av løsninger og tilpasninger mellom ulike fagfelt og aktører. Grytting et al. (2017) viser til at BIM er et sentralt verktøy i prosessen med å utvikle og beslutte løsninger, og egner

seg spesielt godt i komplekse og tverrfaglige problemstillinger. Studien vil derfor undersøke prosjektering.

Basert på forskning og vår kjennskap til bransjen antar vi at BIM har innvirkning på beslutningsprosesser, men vi ser samtidig at tematikken ikke er godt og systematisk dekket i litteraturen. Det å identifisere, beskrive og analysere årsakssammenhenger mellom bruk av BIM-modeller og en mer etablert tilnærming til beslutningsprosesser antas å være nyttig for bransjen å få belyst, samt å være et nyttig bidrag til teorien.

For å svare på hvordan BIM påvirker gode beslutningsprosesser er det utført en empirisk undersøkelse med praktikere om deres erfaring med BIM og hvordan BIM påvirker beslutningsprosesser i infrastrukturprosjektet E39 Kristiansand – Mandal. Prosjektet er per dags dato i gang med både prosjektering og bygging, og benytter BIM i utstrakt grad. Det egner seg derfor godt som studieobjekt. For å belyse problemstillingen om hvordan BIM påvirker gode beslutningsprosesser er følgende forskerspørsmål definert:

- *Hvilke faktorer kjennetegner gode beslutningsprosesser i veibygging?*
- *Hvordan påvirker BIM disse faktorene?*

Avgrensninger

Studien avgrenses til å kun belyse beslutningsprosesser mellom prosjekteier, rådgivende og entreprenør. Videre vil studien kun undersøke beslutningsprosesser som foregår i grupper, da disse anses å være av større betydning enn individuelle beslutninger. Oppgaven vil heller ikke omhandle hvorvidt beslutninger oppnår resultater eller økonomiske gevinster.

Inndeling av oppgaven

Oppgaven er oppdelt i syv hovedkapitler. Kapittel en, *innledning*, presenterer oppgavens tematikk, problemstilling og forskerspørsmål. Andre kapittel, *teori*, presenterer relevant beslutningsteori, prosjektteori og BIM-litteratur. Videre beskrives og diskuteres metodiske valg og fremgangsmåter i kapittel tre, *metode*. Det fjerde kapitlet, *introduksjon til case*, introduserer og beskriver E39-prosjektet i sin kontekst. Kapittel fem, *resultater*, tar for seg studiens resultater basert på den empiriske analysen. Kapittel seks, *diskusjon*, diskuterer funnenes betydning og relevans opp mot teorien og det teoretiske rammeverket, før de viktigste konklusjonene presenteres i kapittel syv, *avslutning*.

2 Teori

Teorikapitlet presenterer tre ulike litteraturer som er relevante for å forstå og studere hvordan BIM påvirker gode beslutningsprosesser i prosjektering. Formålet med litteraturstudien har imidlertid ikke vært å belyse litteraturene generelt, men snarere å identifisere bakenforliggende årsaker til gode beslutningsprosesser som påvirkes ved bruk av BIM. Først presenteres beslutningsteorier og gruppebeslutninger. Videre beskrives bakenforliggende prosesser og drivere for prosjektering i prosjekteringsteori-kapitlet. Kapitlet om BIM-teori tar for seg hva BIM er, samt bruken og nytten av BIM i prosjektering. Til slutt presenteres et teoretisk rammeverk med fire bakenforliggende årsaker til gode beslutningsprosesser i kapittel 2.4, teoretisk rammeverk.

2.1 Beslutningsteori

Litteraturen skisserer flere tilnærminger for å forklare hvordan mennesker tar beslutninger, og hvordan man kan gjøre best mulig beslutninger. Videre vil den normative og deskriptive tilnærmingen presenteres, og knyttes opp mot system 1 og system 2 teori. Deretter vil teorier rundt gruppebeslutninger og usikkerhet omtales før noen sentrale beslutningsverktøy presenteres.

Forståelsen av hvordan og hvorfor beslutninger tas har gradvis økt, og har i mange tilfeller ført til bedre kvalitet på beslutningene. Ben-Haim (2006) viser til at beslutningstaking sjelden er en ensrettet og sekvensiell prosess, men snarere en iterativ prosess som innebærer læring, utforskning og evaluering. Det er allikevel et kjent faktum at det i mange situasjoner tas forhastede eller feil beslutninger. Flere forskere beskriver årsaken til dette som begrenset rasjonalitet i form av kontekstuelle eller psykologiske begrensninger for å ta optimale valg (Bazerman & Moore, 2009; Buchanan & O'Connell, 2006; Kahneman, 2013; Simon, 1997; Stanovich & West, 2000).

Jacobsen & Thorsvik (2019) viser til at beslutningsprosessen er sentral for å fatte gode beslutninger. Med beslutningsprosessen menes en hel rekke av handlinger og vurderinger som fører frem til vedtak og iverksetting av en beslutning. Prosessen kan være mer eller mindre formell og strukturert, og består av fem overordnede steg:

- Identifisere et problem
- Samle informasjon om hva som kan gjøres med problemet
- Ta stilling til infoen
- Velge et alternativ
- Iverksette alternativet

Det kan være vanskelig å vurdere hvorvidt en beslutning er god eller dårlig, men en tilnærming er ifølge Higgins (2000) at gode beslutninger er gode fordi de medfører store fordeler, og mindre ulemper. Imidlertid viser Francesca (2016) til at mennesker tenderer til å evaluere beslutninger basert på utfallet av dem, istedenfor på bakgrunn av intensjoner og kvaliteten på beslutningsprosessen. En utfordring ved å evaluere en beslutning basert på utfallet er at det kan være knyttet stor usikkerhet til beslutningen, og resultatet kan avhenge av eksterne faktorer som ikke enkelt lar seg identifisere i beslutningsøyeblikket. For å vurdere hvorvidt en beslutning er god eller dårlig argumenterer Utpal (2017) og Francesca (2016) for at beslutningsprosessen bør vektlegges, og vurderes med hensyn på hvor rasjonell og velinformert den er.

2.1.1 Normativ tilnærming

Den normative tilnærmingen beskriver hvordan beslutninger ideelt sett bør tas, og hvordan beslutningstakere kan optimalisere konsekvenser av beslutninger ved bruk av en metode (Jacobsen & Thorsvik, 2019). Bazerman & Moore (2009) bruker et ulikt begrep for samme innhold, og omtaler det normative som preskriptiv. Den normative eller preskriptive tilnærmingen representerer det ideelle. Tanken bak tilnærmingen er at mennesker handler rasjonelt, og kan ta beslutninger uten å bli for mye påvirket av kontekst, omstendigheter, følelser, relasjoner eller andre psykologiske faktorer. En person som handler etter dette idealet refereres til som den «økonomiske mannen» (Simon, 1997).

Beslutningsmetoder med en normativ tilnærming forsøker å hjelpe beslutningstakeren til å handle mer rasjonelt, og innebærer ofte bruk av en metode for å matematisk beregne og vurdere den beste beslutningen. Den økonomiske mannen tar utgangspunkt i at mennesker handler fullstendig rasjonelt, identifiserer alle alternativer, kjenner til alle problemer og konsekvenser, og på denne måten kommer fram til den mest optimale beslutningen. Bazerman & Moore (2009) definerer den ideelle beslutningsprosessen i seks steg:

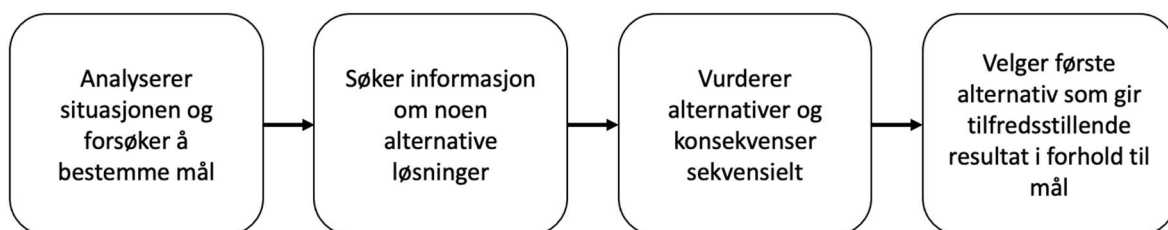
1. Definer problemet
2. Identifiser kriterier (Kriterier betegner ønskede egenskaper/attributter ved et alternativ)
3. Vekt kriteriene
4. Identifiser alternativer
5. Vurder hvert alternativ basert på kriteriene
6. Beregn optimal beslutning basert på verdiene i steg 5. Velg løsning med høyest poengskår.

Suhr (2000) har en litt annen tilnærming til en ideell beslutningsprosess basert på begrepet «sunne beslutninger». Hovedforskjellen fra Bazerman & Moore (2009) er at alternativer kun vurderes basert på de respektive fordelene, og ikke ulempene. For å støtte beslutningsprosessen med sunne beslutninger har Suhr utviklet metoden «Choosing by Advantages» (CBA) (Suhr, 2000). Denne metoden omtales nærmere i delkapittel 2.1.5.

I beslutningslitteraturen er det ulike meninger om hvorvidt det ideelle er oppnåelig i praksis, og i det hele tatt hvor nyttig det er å strebe etter noe som i noens øyne er uoppnåelig. Flere forskere anerkjenner at mennesker ofte ikke handler fullstendig rasjonelt, og som et svar på dette er den deskriptive tilnærmingen utviklet (Kahneman, 2013).

2.1.2 Deskriptiv tilnærming

Den deskriptive tilnærmingen forsøker å forklare hvordan mennesker faktisk tar beslutninger, og tar i større grad hensyn til omstendigheter, og andre faktorer som kan ha en påvirkning på hvilke valg vi tar. Ifølge Jacobsen & Thorsvik (2019) har mennesker begrenset rasjonalitet og er tilbøyelige til å velge den hurtigste eller enkleste måten å ta beslutninger på, noe som ofte fører til at vi gjør flere feil, og avviker fra det rasjonelle. Videre har beslutningstaker sjelden full oversikt over alternative løsninger og alle konsekvenser, og klarer dermed ikke å finne fram til det gunstigste alternativet. Tendensen er at vi forsøker å handle rasjonelt, men ikke alltid lykkes med dette. Jacobsen & Thorsvik (2019) beskriver beslutningsprosessen i den deskriptive tilnærmingen i fire sekvensielle punkter, illustrert i Figur 1.



Figur 1: Begrenset rasjonell beslutningsprosess (Jacobsen & Thorsvik, 2007, s. 284)

Simon (1997) viser til at mennesker begrenses både av kognitive- og informasjonshåndterende grunner, og beskriver et menneske med en deskriptiv tilnærming som den «administrative mannen». Den administrative mannen anerkjenner sin begrensede rasjonalitet, og vil forsøke å identifisere noen alternativer og forstå noen konsekvenser. Han hensyntar omstendigheter, i tillegg til kvantifiserbare variabler, og vil forsøke å gjøre en beslutning som er god nok, heller enn å streve etter det optimale. Selv om den administrative mannen hadde hatt tilgang til all informasjon og alle konsekvenser ville hans begrensede kognitive evne til å behandle informasjon ført til ikke-optimale beslutninger (Simon, 1997).

2.1.3 System 1 og system 2

Kahneman (2013); Stanovich & West (2000) introduserer oss for to beslutningssystemer, System 1 og System 2. System 1 beskriver hvordan de fleste valg gjøres og er intuitivt, da det er raskt, automatisk, uanstrengt, implisitt og emosjonelt basert. En deskriptiv tilnærming forklarer at beslutninger i henhold til system 1 forekommer, og ofte er nødvendig i en hektisk arbeidshverdag. I mange situasjoner vil system 1 beslutninger være tilstrekkelig og mest hensiktsmessig, da det ville være upraktisk å logisk resonnerer seg gjennom hvert valg en tar i livet, eller på arbeidsplassen. Dette støttes også av Justice & Jamieson (2012) som viser til at raske beslutninger er en kvalitet i seg selv. Stanovich & West (2000) forklarer at i de fleste trivielle situasjoner hvor det tas beslutninger vil system 1 oppnå det samme som normativ rasjonalitet forsøker å oppnå, da menneskets iboende evne til å ta raske beslutninger har utviklet seg til å bli tilstrekkelig presis og rasjonell.

I viktigere og komplekse beslutninger vil rasjonelle system 2 beslutninger være bedre. Dette fremkommer også fra den deskriptive tilnærmingen, som beskriver at rasjonalitet ofte medfører bedre beslutningsprosesser. System 2 kjennetegnes ved at beslutningsprosessen er logisk argumentert, tregere, bevisst, innsatsrik og eksplisitt. Det antas at beslutningstaker følger

metodiske steg på en rasjonell måte, ved at beslutningstaker definerer problemet optimalt, identifiserer alle kriteriene, vekter kriteriene korrekt og tar korrekt beslutning (Kahneman, 2013). Slik er system 2 knyttet til den normative tilnærmingen, da den forsøker å gjøre beslutningsprosessen mer rasjonell (Stanovich & West, 2000).

Ifølge Bazerman & Moore (2009) er en fullstendig system 2-rasjonalitet i beslutningsprosesser ofte urealistisk og forekommer vanligvis ikke, noe som er problematisk dersom målet er å komme frem til en ideell løsning. Det viser seg også at jo travlere og jo mer opptatt folk er, jo mer tilbøyelig er man for bruk av intuisjon fremfor logikk i beslutninger (Bazerman & Moore, 2009). Faktisk gjør travelheten hos ledere at de ofte tar beslutninger basert på intuisjon fremfor logikk (Chugh, 2004). Bazerman & Moore (2009) argumenterer for at en system 2 tankegang bør ha innflytelse på viktige valg fordi mennesker er tilbøyelige til intuitive feil, og fordi logiske resonnementer trumfer over intuisjon. Av den grunn burde hver leder ha som mål å finne områder hvor de kan bevege seg fra det intuitive, og til en mer logisk beslutningstaking (Bazerman & Moore, 2009).

2.1.4 Gruppebeslutninger

Viktige beslutninger tas ofte av en gruppe ledere eller eksperter, og sjelden av en person alene. Beslutningsteori har lenge utforsket tematikken rundt hvorvidt grupper eller individer tar best beslutninger, og det blir stadig mer akademisk enighet om at beslutninger tatt av grupper generelt sett er bedre enn det beste gruppemedlemmets beslutninger (Michaelsen et al., 1989). Det handler primært om å integrere gruppedeltakernes samlede kunnskap for å kunne ta best mulige vurderinger og beslutninger (Rogelberg et al., 1992; Wu et al., 2020). Ved å jobbe sammen i grupper over tid etableres en gjensidig tillit og forståelse mellom gruppedeltakerne, og det kan enklere kapitaliseres på den samlede kunnskapen (Michaelsen et al., 1989). Kugler et al. (2012); Michaelsen et al. (1989) viser til at gruppebeslutninger ofte er mer rasjonelle enn individuelle beslutninger på grunn av en større samlet erfaringsbasis og tankekapasitet, samt muligheten for å internt kontrollere gruppemedlemmene for feil. Andre studier viser igjen til at det i spesielle tilfeller kan være bedre at en ekspert tar beslutningen eller at eksperter generelt sett tar bedre beslutninger enn grupper (Hill, 1982; Lamm & Trommsdorff, 1973).

Studien av Justice & Jamieson (2012) viser at beslutningsprosesser i grupper bedrer samhandling, problemløsning, informasjonsdeling, koordinering av fremdrift og gjensidige avhengigheter, samt bedrer en felles forståelse av problemstillinger. Studien viser videre til at raske beslutninger, etablering av forpliktelser og oppnåelse av høy konsensus er viktig.

Konsensus

Et viktig mål i gruppebeslutninger er å oppnå konsensus om en løsning (Chao et al., 2021; Justice & Jamieson, 2012; Palomares, 2018; Wu et al., 2020). Med konsensus menes en sammenfallende oppfatning, enighet eller samsvar i meninger og holdninger blant gruppemedlemmer (Olsvik, 2018). Justice & Jamieson (2012) definerer en konsensusdrevet beslutning som et alternativ som vurderes av alle gruppemedlemmene til å være bedre enn «status quo». Noe forskning viser at konsensusdrevne beslutninger er de beste (Chao et al., 2021; Justice & Jamieson, 2012; Michaelsen et al., 1989; Palomares, 2018). Oppnåelsen av konsensus kan ha forskjellige definisjoner, og Tabell 1 viser hvordan ulike beslutningsmetoder søker ulik grad av konsensus.

Tabell 1: Beslutningsmetoder. Hentet og oversatt fra (Justice & Jamieson, 2012)

Beslutningsmetode	Kjennetegn
Individuell	Gruppeleder tar beslutningen alene
Konsulterende	Gruppeleder tar beslutningen etter å ha lyttet til alle gruppemedlemmer i et møte
Konsulterende konsensus	Gruppeleder konsulterer med andre gruppemedlemmer, søker konsensus, men beholder klar kontroll over beslutningen
Modifisert konsensus	Alle gruppemedlemmene blir enige om en løsning som alle kan støtte eller i det minste «leve med»
Absolutt konsensus	Alle gruppemedlemmer blir enige om en løsning som er mer enn kun akseptabel
Votering	Gruppemedlemmene stemmer på alternativer. Alternativet med det nødvendige antallet stemmer velges (majoritet, 2/3, osv.)

Konsulterende beslutninger viser seg ofte å være like effektive som modifiserte konsensusbeslutninger, og i flere tilfeller også mer effektive, da man får en beslutning som drar nytte av den kollektive intelligensen til en gruppe, samtidig som man ikke trenger tiden for å forhandle seg fram til konsensus (Justice & Jamieson, 2012). Justice & Jamieson (2012) viser til at en absolutt konsensus kan oppnås i en tredjedel av beslutningstilfeller, men at det vil være meget tidkrevende å få til. Oppnåelse av en absolutt konsensus er ifølge Abraham et al. (2014); Chao et al. (2021) tilnærmet umulig, og det vises til at når man snakker om konsensus menes det som oftest en tilstrekkelig enighet eller samtykke om en løsning, og ikke nødvendigvis at alle gruppemedlemmer er helt enige.

En viktig del av å skape konsensus er at beslutningsprosessen oppleves som rettferdig, åpen og inkluderende. På dette viset vil man kunne oppnå tilfredsstillende støtte for beslutninger innad i gruppen (Abraham et al., 2014). I praksis oppnås ofte konsensus i gruppebeslutninger gjennom ustrukturerte diskusjoner og meningsutvekslinger. Dette er ifølge Wagner (1978) en lite rasjonell og optimal beslutningsprosess, og ved å tilnærme seg oppnåelse av konsensus med en strukturert og systematisk metode kan oppnåelsen av konsensus gjøres mer rasjonelt.

Veibyggingsprosjekter benytter ofte konsulterende konsensus siden enighet om løsninger vektlegges, mens lederen samtidig ønsker å holde kontrollen på beslutningene som tas. Videre er gruppebeslutninger i bygg- og anleggsprosjekter i mange tilfeller utfordrende, da hver interessents handlinger ofte kan påvirke andre aktørers valg. Ved å oppnå konsensus i gruppebeslutninger kan kvaliteten på beslutningene bedres, samt at implementering, koordinering og samhandling forbedres (Abraham et al., 2014).

Utfordringer med gruppebeslutninger

Beslutningsprosesser i grupper og prosjekter består ofte av flere aktører med til dels ulike interesser, og det kan oppstå uenighet om løsningen, eller opportuniste i større eller mindre grad. Dersom en aktør av interesseårsaker er uvillig til å modifisere sin løsning for å oppnå gruppekonsensus, kan dette ofte føre til en forsinket prosess i design. Det er derfor viktig å raskt identifisere og håndtere situasjoner hvor en aktør begynner å oppføre seg uvillig til å samarbeide (Chao et al., 2021). En måte å håndtere dette på kan være å la et gruppemedlem forsøke å overbevise aktøren. Det er da viktig at dette gruppemedlemmet har høy kredibilitet hos de andre gruppemedlemmene slik at han/hun har innflytelse nok til å ha påvirkningskraft (Caillaud & Tirole, 2007).

Grupper vil ikke alltid nå potensialet sitt. Det kan forekomme at personer som innehar unik kunnskap, men som ikke deles av andre personer i ei gruppe, kan bli nedvurdert i større grad enn om flere gruppemedlemmer kjente til den samme informasjonen. Dette omtales som delt informasjonsbias (Baker, 2010).

Det kan også forekomme at en ekspert i en gruppe har gjort seg opp en mening basert på en misforståelse, og videre at ekspertens rolle kan medføre at andre gruppemedlemmer tilføyer seg ekspertens mening av hensyn til hierarki eller harmoni i gruppen. Slike prosesser i grupper kan føre til dårlige eller irrasjonelle beslutninger og defineres av Janis (1991) som gruppetenkning. For å hindre dette i å skje kan det være et poeng å holde gruppestørrelsen liten, spesielt i viktige beslutninger, fordi store grupper er mer tilbøyelige for partiskhet. Et annet tiltak kan være å definere heterogene grupper fremfor homogene. Ved å sette sammen individer med ulike meninger i grupper reduseres sannsynligheten for at gruppetenkning oppstår (Emmerling & Rooders, 2020; Janis, 1991). Buchanan & O'Connell (2006, s. 36) sammenfatter utfordringen ved å skape konsensus slik:

«Konsensus er bra, så lenge det ikke blir oppnådd for lett, for da blir det mistenkelig»

2.1.5 Usikkerhet og beslutningsverktøy

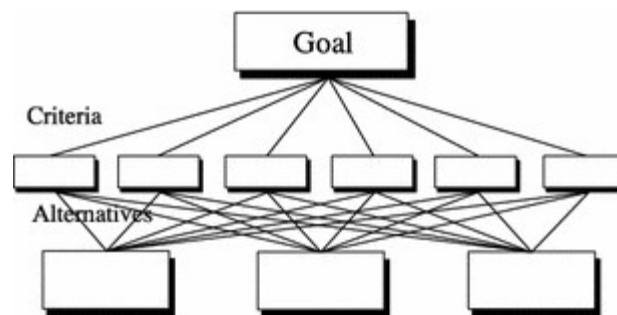
I beslutningsprosesser eksisterer det ofte et informasjonsgap mellom kjent informasjon og ønskelig/nødvendig informasjon. Informasjonsgapet vil arte seg som usikkerhet i beslutninger, og representerer en risiko som gir mulighet for vinning eller tap (Ben-Haim, 2006). Ifølge Buchanan & O'Connell (2006) er usikkerhet en uunngåelig del av enhver beslutning. Det trekkes fram at følgene av usikkerhet stort sett ikke er kritisk i små, dagligdage beslutninger, men at de kan være enorme i bedriftssammenheng. Til og med de beste vinn-vinn situasjonene innebærer kostnader i form av tapte alternativer (Buchanan & O'Connell, 2006).

Beslutningsverktøy er utviklet for å hjelpe beslutningstakeren til å gjøre et best mulig valg mellom alternativer. Ulike beslutningsverktøy kan hjelpe organisasjoner med å identifisere og systematisere relevante alternativer, og deretter arrangere dem basert på ønskede egenskaper og konsekvenser. Et godt beslutningsverktøy tar hensyn til fakta, men ikke til antagelser som virker fornuftige og ikke kan bekreftes. Beslutningsverktøyet bør tilpasses i henhold til den informasjonen som er tilgjengelig for beslutningstakerne (Ben-Haim, 2006).

Det finnes mange verktøy og metodikker for å støtte beslutningsprosesser, blant annet: multiattributt verktøy, spillteori, simuleringer, lineær programmering, optimalisering, ventekømetode, beslutningstre, etc. Noen av de mest sentrale verktøyene omtales videre.

Multiattributt beslutningsverktøy

Komplekse beslutninger kan ofte være vanskelige å få oversikt over, og det kan være vanskelig å identifisere hvilke alternativer som har ønskede egenskaper. Det finnes flere strukturerte teknikker for å organisere og analysere slike komplekse beslutninger, og en av disse er analytisk hierarkiprosess (AHP), illustrert i Figur 2. Teknikken forsøker å gjøre valg basert på matematisk utregning og psykologi. Hierarkiet er tredelt, med et definert mål for beslutningen øverst. Videre defineres kriterier på neste nivå som kan være pris, miljøutslipp, etc. Kriteriene vektet etter hvor viktige de anses å være for hovedmålets oppnåelse. Nederst i hierarkiet har man de ulike alternativene som gis poeng basert på ytelse i forhold til kriteriene. Det beste alternativet vil da identifiseres med den matematiske høyeste skåren, og beslutningstakeren vet i så tilfelle hvilket alternativ som er best ut fra de gitte kriteriene (Saaty, 2012). «Choosing by advantages» (CBA) er et eksempel på et lignende AHP-verktøy, utviklet av Suhr (2000) som tar sikte på å definere kriterier basert på fordeler, og ikke ulemper ved alternativer.



Figur 2: Analytisk hierarkiprosess (AHP) (Saaty, 2012, s. 3)

Spillteori

Spillteori handler om at én aktørs handlinger og beslutninger vil påvirke handlingene og beslutningene til andre involverte aktører. Dette er tydelige fenomener i for eksempel et sjakkparti hvor den ene spillerens trekk fører til motpartens mottrekk. I et prosjekt har bestiller, utbygger og designer interesser og mål som enten konvergerer eller divergerer, og på denne måten drar i gang et taktisk-strategisk spill hvor hver aktør forsøker å oppnå en best mulig løsning for seg selv. Flere av disse faktorene er ikke håndgripelige eller kvalitative data og ville vært ansett som irrelevante ifølge Ben-Haim (2006). Beslutningsverktøy basert på spillteori systematiserer handlinger og utfall, for å finne optimale løsninger i situasjoner med uenigheter mellom aktørene (Kelly, 2003).

Simuleringer og visualiseringsverktøy

En simulering forsøker å imitere en prosess over tid for å skape innsikt som kan hjelpe beslutningstakeren til å øke kvaliteten på beslutningen. I industri kan simuleringer benyttes for å teste design og komponenter under gitte forutsetninger. Innsikten som oppnås kan være nyttig som input for å optimalisere løsninger og teste måloppnåelse av forskjellige alternativer. Simuleringer kan være både tallbaserte beregninger og visualiserende verktøy, og BIM kan sies å være en form for simulering av design (Fanti et al., 2015). Abraham et al. (2014) trekker fram at bruk av visualiseringsverktøy og modeller kan spille en viktig rolle i å gjøre beslutningsprosesser mer tilgjengelige og transparente. Det trekkes også frem at multiattributt beslutningsmetoder brukt sammen med datavisualiseringsmetoder kan bidra til å gi beslutningstakere mange alternativer, et forståelig beslutningsgrunnlag, og mer effektive beslutningsprosesser.

2.2 Prosjekteringsteori

Prosjekteringsteori er relevant for studien ettersom særtrekkene ved designprosessene i prosjekter påvirker beslutningsprosesser. Buchanan & O'Connell (2006) viser til at hver bransje og fagdisiplin har sine særtrekk i beslutningsprosesser, og dette kapitlet beskriver flere underliggende drivere i prosjektering som påvirker beslutningsprosesser.

Prosjekter brukes mye i organisasjoner for å levere et unikt produkt eller tjeneste innenfor avgrenset tid, kostnad og kvalitet, eller for å skape verdi i basisorganisasjonen (Andersen, 2016; Samset, 2014). Prosjekter deles vanligvis inn i faser, og det finnes mange ulike definisjoner og

inndelinger av dem. Figur 3 viser hvordan Bygg21 (2019a) inndeler prosjektet i åtte faser. Fasene i modellen kan synes å følge en sekvensiell rekkefølge, men er i virkeligheten delvis overlappende faser. Styringen av alle disse prosessene omtales som prosjektledelse og omhandler planlegging av aktiviteter, fremdrift, kostnader, kvalitet og koordinering av mennesker og aktører (Rolstadås et al., 2020; Samset, 2014). Meland (2000) beskriver planlegging som en viktig faktor for å unngå fiasko i prosjekter.



Figur 3: Inndeling av prosjektets faser (Bygg21, 2019a, s. 5)

I samferdselsprosjekter tas vanligvis de største beslutningene som omhandler for eksempel trasé, korridor, beliggenhet av broer og tunneler i behovs- og konseptutviklingsfasen. I disse fasene involveres mange aktører, blant annet fylkesmannen, kommuner, organisasjoner, osv. Innholdet i de resterende fasene avhenger av hva slags kontraktstype som benyttes. Ved bruk av totalentrepriser inneholder konseptbearbeidingsfasen gjennomføring av reguleringsplan, utlysning av entreprisen på anbud, samt at det skrives kontrakt med en totalentreprenør.

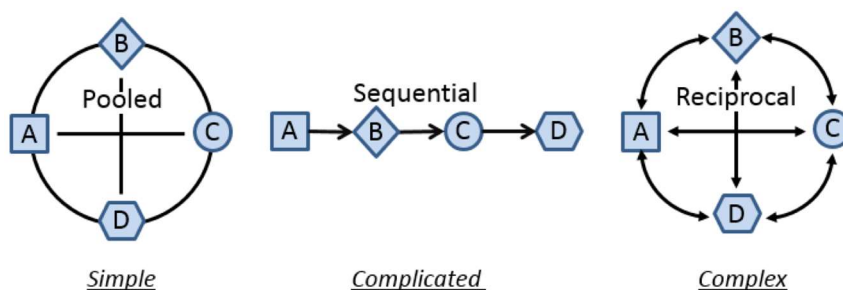
I detaljprosjekteringsfasen utvikles og detaljeres prosjektet og dokumentasjonsunderlag for produksjonsfasen. Etter endt produksjon og prosjektering overleveres prosjektet til eier. I detaljprosjekteringsfasen tas mange beslutninger vedrørende detaljer og tilpasninger mellom ulike fagfelt, og Samtidig Prosjektering (u.å.-a) viser til at et sentralt formål med prosjekteringsarbeid er å fatte beslutninger. Denne prosessen er i litteraturen referert til som en designprosess og krever vanligvis utstrakt samarbeid og koordinering på tvers av byggherre, entreprenør og rådgivende. De involverte aktørene med sine respektive ansvarsområder kan i tillegg ha litt ulike interesser og preferanser i et prosjekt, noe som kan komplisere beslutnings- og designprosessene (Kalsaas, 2017).

2.2.1 Designprosessen

Designprosessen ble tidligere ansett å være en lineær og sekvensiell prosess, men i senere tid er denne forståelsen utfordret av flere forskere (Hansson et al., personlig kommunikasjon, 30.04.2020). Westgaard et al. (2010) viser til at forståelsen av designprosessen er blitt mer

tverrfaglig og helhetlig. Kalsaas (2017) omtaler utviklingen mer spesifikt og beskriver designprosesser som et komplekst univers av forutsigbare og uforutsigbare interaksjoner, sammenhenger, avhengigheter og iterasjoner mellom ulike fagfelt.

Thompson (1967/2003) som referert i Kalsaas & Sacks (2011) skiller mellom tre ulike typer avhengigheter, vist i Figur 4. *Samlede avhengigheter* betegner avhengigheter hvor to parter eller fagfelt er gjensidig avhengig av hverandre. *Sekvensielle avhengigheter* er typiske produksjonsavhengigheter hvor resultatet fra en prosess er nødvendig input til neste prosess. *Resiproke avhengigheter* kjennetegnes ved gjensidige avhengigheter hvor rekkefølgen på avhengighetene ikke er kjent, og oppstår ofte i krysningspunkter mellom ulike fagfelt. Thompson (1967) som vist til i Løkås (2014) viser videre til tre ulike måter å håndtere avhengighetene på. *Standardisering* omhandler å lage rutiner og regler for leveranser. Metoden brukes i stor grad for å håndtere samlede avhengigheter. *Planlegging* innebærer utarbeidelse av tidsplaner og rekkefølgeplaner for aktiviteter og prosesser, og benyttes stort sett i produksjonsbedrifter. *Gjensidig tilpasning* omhandler at partene deler informasjon og tilpasser sine løsninger, gjerne i flere runder og iterasjoner for å komme frem til en løsning. Denne typen avhengigheter er sentrale i designprosesser, og bekreftes av Kalsaas & Sacks (2011).



Figur 4: Avhengigheter (Sameer et al., 2016, s. 72)

I komplekse prosjekter finnes det ikke noen fasit på løsninger, og den endelige løsningen utarbeides ofte i flere iterasjoner mens den stadig forbedres og blir mer detaljert. Ballard (2000) argumenterer for at designprosesser i sin natur er en iterativ og skapende prosess og skiller mellom positive iterasjoner som tilfører verdi og negative iterasjoner som sløser ressurser. Positive effekter av iterasjoner kan være utvikling av design, og avdekking av nye avhengigheter eller muligheter med potensiale for å øke prosjektets verdiskaping. Negative iterasjoner kan beskrives som arbeid eller prosesser som ikke er verdiskapende, eller ikke øker

prosjektets verdi (Ballard, 2000). Ettersom løsninger prosjekteres får de involverte stadig mer kunnskap og forståelse for løsningen, og selve løsningen og designet modnes.

Designprosessen i samferdselsprosjekter

I samferdselsprosjekter er det mange forskjellige fagfelt involvert i prosjekteringen, deriblant: veiteknikk, konstruksjon, vann og avløp, arkitekter, elektro, skilt og lys, ventilasjon, ytre miljø, etc. Tidligere løste fagene oppgaven sine mer isolert og fulgte sekvensielle prosesser, mens det nå arbeides mer iterativt, integrert og tverrfaglig. Stadig høyere krav og kompleksitet i prosjekter har medført en økning av avhengigheter både innad og mellom fagfeltene, samt også eksternt mellom aktører og bedrifter (Kalsaas & Sacks, 2011).

Store samferdselsprosjekter har historisk tatt lang tid. Forsknings og utviklingsprosjektet «Samtidig Plan og Prosjektering» undersøker metodikker for hvordan plan og prosjektering kan effektiviseres i bygg, anlegg og samferdselsbransjen (Samtidig Prosjektering, u.å.-a). Studien er gjennomført i perioden 2015-2019 og viser fire overordnede funn. *Samarbeid* mellom aktører er vesentlig for å oppnå smidig prosjektering og beslutninger med riktige personer til stede. *Trinnmodellen* er en modell for å bryte prosjektet opp i mindre deler. Modellen tydeliggjør beslutningstakere for hvert trinn, øker kontrollen og bedrer fremdrift. Tverrfaglige *sesjoner* brukes for tverrfaglig koordinering og effektiviserer beslutningsprosesser. Sesjoner i form av ICE-møter (integrated concurrent engineering) er ofte brukt. *Visualisering* ved hjelp av BIM-modeller forklarer og illustrerer utfordringer, samt støtter beslutningsprosesser. Ved å skape bevissthet rundt avklaringer og dokumentasjon av beslutninger, samt sterkere styring av hvilke beslutninger som må tas på hvilke stadier i prosjekteringen antas det at plan og prosjekteringstiden kan reduseres vesentlig.

2.2.2 MMI – Modell modenhets indeks

Modning er et konsept utviklet for å støtte utvikling og detaljering av en fagmodell eller en BIM-modell (Grytting et al., 2017). Ved å knytte standardiserte statuser og utviklingsnivåer til objekter i en modell får modellen en stadig høyere detaljering, og sikkerhet for at detaljene i modellen er korrekte. Modningsnivåer er nært knyttet til objekter og bruk av BIM-modeller, da kontinuerlige oppdateringer gjøres mulig. Det finnes flere tilnærminger til modningsnivåer og styring av prosessen, hvorav MMI (modell modenhets indeks) og LoD (level of detail) er de mest kjente og brukte. Figur 5 viser standardiserte MMI-nivåer og hva de innebærer. I tillegg

til de overordnede MMI nivåene har hvert fag vanligvis utarbeidet en fagspesifikk beskrivelse av hva som inngår i hvert nivå.

Ved å styre prosjekter etter modning kan hvert enkelt fags fremdrift tydeliggjøres, og kommunikasjonen mellom ulike aktører kan forbedres (Grytting et al., 2017). En god prosjekteringsprosess kan bidra til å minimere misforståelser og byggefeil i byggefasen, og kan spare prosjektet for både tid og penger (Grimsmo, 2008). I alle designprosesser foregår det en samtidig læring om mulige løsninger og bakenforliggende problematikk. I starten av et prosjekt vet verken arkitekten, ingeniøren eller kunden hvordan resultatet skal se ut, hvilke problemer som vil oppstå eller hva som kreves for å løse problemene. Etter hvert som prosjektet utvikles, vil kunnskapen øke hos de involverte, noe som kan betegnes som en modnings- og læringsprosess (Grytting et al., 2017; Kalsaas, 2012).



Figur 5: MMI - Nivåer av modell modenhets indeks (Fløisbom et al., 2018, s. 4)

2.2.3 Informasjonshåndtering

En stor del av prosjekteringsprosessen innebærer kommunikasjon og håndtering av informasjon (Flager & Haymaker, 2007). Westgaard et al. (2010) skiller på kommunikasjon mellom fag i prosjekteringsprosessen og formidling av informasjon mellom to av prosjektets faser, eksempelvis mellom prosjektering og utførelse/ bygging.

I prosjekteringsfasen skal informasjon deles mellom personer, fagfelt og ulike programvarer. Det handler om å skape faste arenaer for deling av informasjon og en felles forståelse og læring av løsninger og fagfelt. Informasjon skal innhentes fra separate fagmodeller og eksterne aktører, og videre kombineres, modelleres og videreformidles i tverrfaglige BIM-modeller. I grensesnittet mellom to prosjektfaser skal mye informasjon videreformidles. De prosjekterende har gjennom designprosessen fått inngående kunnskap om prosjektets løsninger, som skal formidles videre til byggefasen og de utførende. Det utførende leddet skal så motta informasjon, tolke den og omsette den til byggbare løsninger. Dette grensesnittet er utfordrende ettersom detaljgraden i løsninger kan være enorm. Samtidig består utførelsesfasen av langt flere

mennesker sammenlignet med prosjekteringsfasen, noe som gjør koordineringen og formidlingen av informasjon ekstra viktig (Westgaard et al., 2010). For å sikre effektiv kommunikasjon og hindre feiltolkninger mellom prosjektering og produksjon viser Drevland & Svalestuen (2013) til fem kriterier for god informasjon. Informasjonen må være *relevant* for mottaker og *nøyaktig* med hensyn på språkbruk, tegningsspesifikke momenter og måleenheter. Videre bør underlaget *prosjekteres likt* mellom ulike fagfelt og delprosjekter for å unngå misforståelser. Informasjonen bør være *tverrfaglig kontrollert*, og ikke forekomme flere steder enn *nødvendig*.

2.2.4 Kommunikasjon

Jacobsen & Thorsvik (2019) beskriver kommunikasjon som formidling av informasjon. Informasjon må sendes eller gjøres tilgjengelig av avsender for deretter å mottas, tolkes og forstås av mottaker. Mottaker kan ha andre forutsetninger for å forstå informasjonen enn avsender, og mange ganger har ikke avsender noen relasjon til mottaker av informasjonen, noe som kan gjøre kommunikasjon utfordrende. Meland (2000) viser til at kommunikasjon er en viktig faktor i et prosjekt for å unngå fiasko. Noen sentrale elementer innen kommunikasjon i prosjekter omhandler å formulere mål og strategi, styre og koordinere faglig og tverrfaglig atferd, samt bygge relasjon, kultur og nettverk (Jacobsen & Thorsvik, 2019).

Kommunikasjon blir mer effektiv jo bedre avsender formidler budskapet. Formidlingen av informasjon kan skje i mange former, via dokumenter, systemer, tekst, lyd, bilde, modeller eller muntlig. God formidling av informasjon innebærer ofte bruk av visuelle virkemidler, bilder og metaforer for å gjøre det enklere og mer intuitivt for mottaker å forstå budskapet. En annen viktig faktor i kommunikasjon er etterprøvbarehet. En tilgjengelig historikk over tidligere beslutninger og avgjørelser i møter er viktig i prosjekter for å kunne fordele ansvar og unngå gjenopptak av problemstillinger som tidligere er diskutert (Jacobsen & Thorsvik, 2019).

I tidene etter Covid-19 har bruk av digital kommunikasjon uten fysiske møter blitt nødvendig og langt mer utbredt. Digital kommunikasjon gjør det mulig å samarbeide uten å være samlokalisert, og bruk av virtuelle grupper har i kreative designprosesser vist seg å være mer effektivt enn fysiske grupper. Digital kommunikasjon skjer raskere med mange parallelle tråder, har ofte en tilknyttet historikk, samt gjør det enkelt å involvere personer fra mange fagfelt. Det finnes også flere utfordringer ved digital kommunikasjon, og i tilfeller hvor

gruppemedlemmene ikke har relasjon eller tillit til hverandre, og hvor arbeidet innebærer risiko har det vist seg at informasjon oftere feiltolkes, og at all informasjon ikke nødvendigvis deles. Tolkning av informasjon blir mer utfordrende fordi man i mindre grad kan basere seg på kroppsspråk, øyekontakt og sosial interaksjon. Videre har virtuelle grupper problemer med å håndtere konflikter bra, og evner ikke å skape et samhold og sosial kontakt i gruppen (Jacobsen & Thorsvik, 2019).

2.2.5 Virtual design and construction

Virtual design and construction (VDC) er en arbeidsmetodikk for byggeprosjekter utviklet av Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE) ved Stanford. Metodikken har sett stadig mer bruk de seneste årene, og er brukt av flere store entreprenører og aktører i Norge. Knotten & Svalestuen (2014) definerer VDC som en arbeidsmetodikk for å støtte opp under tverrfaglig ytelse i prosesser og organisering for å støtte prosjektets mål. Li et al. (2009) viser til tre fokusområder innen VDC: *visualisering*, *integrering*, og *automatisering*. *Visualisering* omhandler bruk av BIM-modeller for å presentere design og byggeprosessen. *Integrasjon* tilstreber å integrere prosesser og ulike fagfelt i prosjektet, mens *automatisering* omhandler automatisering av design- og byggeprosessene. En studie av Aslam et al. (2021) fant at VDC ga bedre visualisering og skapte en arena for effektiv informasjonsflyt.

ICE-møter (integrated concurrent engineering) er en sentral del av VDC, og er tidsavgrensede sesjoner med tettere tverrfaglig samarbeid enn normalt for å løse spesifikke problemstillinger. ICE-sesjoner har vist seg å bedre tverrfaglig koordinering og effektivisere beslutningsprosesser (Knotten & Svalestuen, 2014; Samtidig Prosjektering, u.å.-a). For å få gode ICE sesjoner er god planlegging i forkant viktig, samt utarbeidelse av en klar agenda og mål. Det er også viktig å evaluere ICE-sesjonene i etterkant av møtene (Knotten & Svalestuen, 2014).

2.3 BIM-litteratur

De siste 10 årene har bygg- og anleggsbransjen opplevd et løft innen digitalisering, og det har foregått en stor satsing rundt bruk av BIM til samprosjektering i Norge (Bråthen et al., 2017). Dette har i noen grad sammenheng med at store offentlige aktører som Nye Veier, Statens Vegvesen, Statsbygg, Sykehusbygg med flere, har tatt i bruk kontraktsformer som gir insentiver til å benytte BIM i mye større grad enn det ble gjort før. I noen tilfeller er også leveransen av BIM-modeller som dokumentasjonsunderlag spesifisert og kontraktsfestet i prosjektet.

Økte krav til bruk av BIM i prosjekter har medført fornyelse hos store totalentreprenører for å holde seg konkurransedyktige. Det igjen har krevd fornyelse hos underleverandører, for å kunne levere til totalentreprenørene. Tradisjonelle metoder har begrensninger når det kommer til informasjonsbehandling i bygg- og anleggsindustrien, og klarer ikke å holde tritt med stadig høyere forventninger om effektivisering. Et hovedaspekt som manglet før BIM var muligheten for knytningen av informasjon mot objekter og konstruksjoner. Slik informasjon kan være spesifikasjoner, leveringstider, prislister og installasjonsmanualer som nå lettere kan integreres med designobjektene ved bruk av BIM (Chen, 2015).

I følge Miettinen & Paavola (2014) finnes ingen lett definisjon på hva BIM er. En forfatter definerer BIM som en digital representasjon av en bygning eller en gjenstand, en tredimensjonal modell, eller en samling av prosjektinformasjon med hensikt å fasilitere interoperabilitet og informasjonsutveksling med andre relaterte programvarer (Miettinen & Paavola, 2014). Construction Project Information Committee (CPIC) definerer BIM som kunsten av informasjonshåndtering og informasjonsinnsamling; en digital presentasjon av fysiske og funksjonelle elementer tilhørende en gjenstand som brukes i beslutningsprosesser. Bradley et al. (2016) beskriver BIM ved hjelp av fire faktorer; samhandling, prosess, representasjon og livssyklus. BIM er ikke bare en modell, men også en prosess som går gjennom hele levetiden av en gjenstand, f.eks. tilknytningen av dokumentasjons-databaser mot en 3D-modell av et bygg. Andre igjen, fokuserer på hvordan BIM kan tilføre verdi gjennom forbedring av prosesser for prosjektleveranse (Sebastian, 2011; Wang et al., 2015).

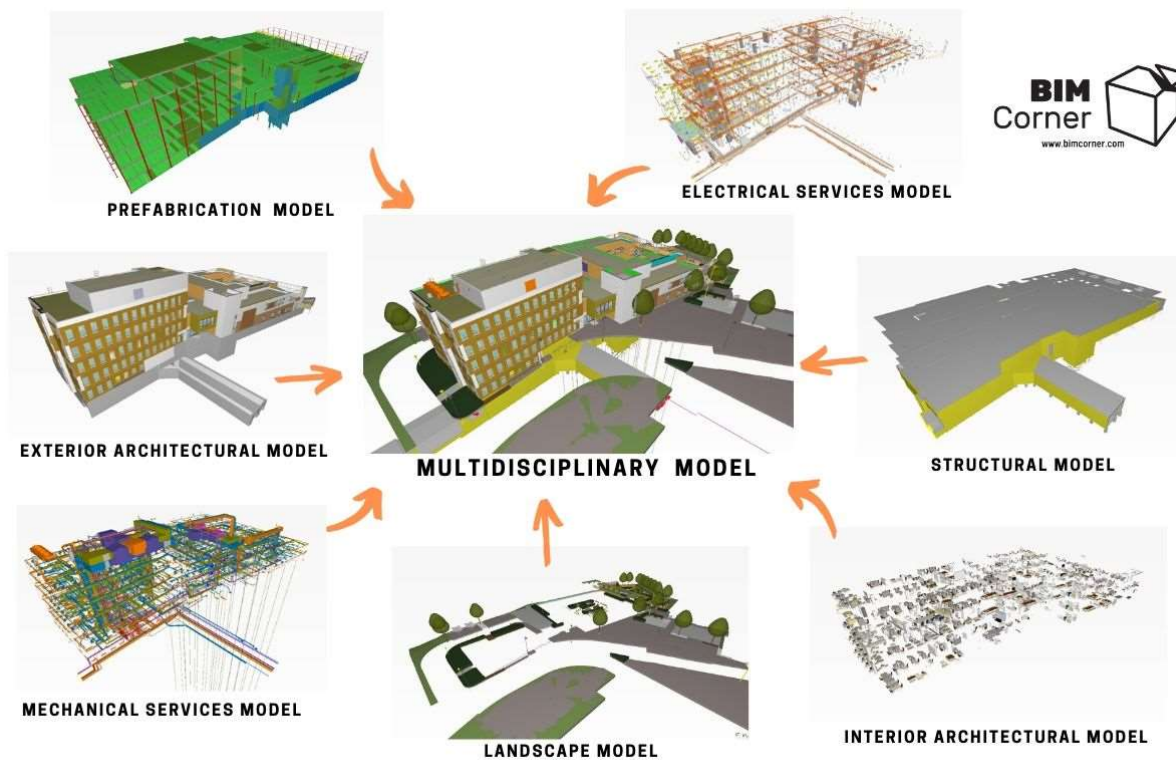
Historikk

Historien om BIM går helt tilbake til 1962 da Douglas C. Englebart kom med ideen om objektbasert design, parametrisk modellering og relasjonelle databaser, noe som skulle realiseres flere år senere (Quirk, 2012). Omtrent samtidig oppstod den første maskinen for dataassistert konstruksjon (DAK) benyttet av General Motors. Senere på 80-tallet ble RUCAPS utviklet, et program regnet som forløperen til dagens BIM-programvare, og kunne benyttes til prefabrikasjon av design av konstruksjoner. På 90-tallet ble filformatet «International Foundation Class» (IFC) utviklet, noe som gjorde det mulig å dele data på tvers av programmer og plattformer. Dette førte til lettere tverrfaglig samarbeid ved at flere prosjekterende kunne jobbe med samme modell samtidig (Cherkaoui, 2017). IFC brukes i stor grad også i dag.

For å visualisere konflikter basert på 2D tegninger kreves erfarne prosjekterende, men menneskelig intuisjon evner likevel ikke å fange opp alle konflikter fra en 2D tegning. Etter hvert som man gikk fra 2D tegninger til 3D objektbaserte modeller med tilknyttet informasjon, viste det seg at aspekter som krasjtesting på tvers av fagfelt gikk vesentlig mye lettere på grunn av bedret romvisualisering. Dette førte til at de prosjekterende kunne spare tid og krefter (Leite et al., 2011; Leite, 2020).

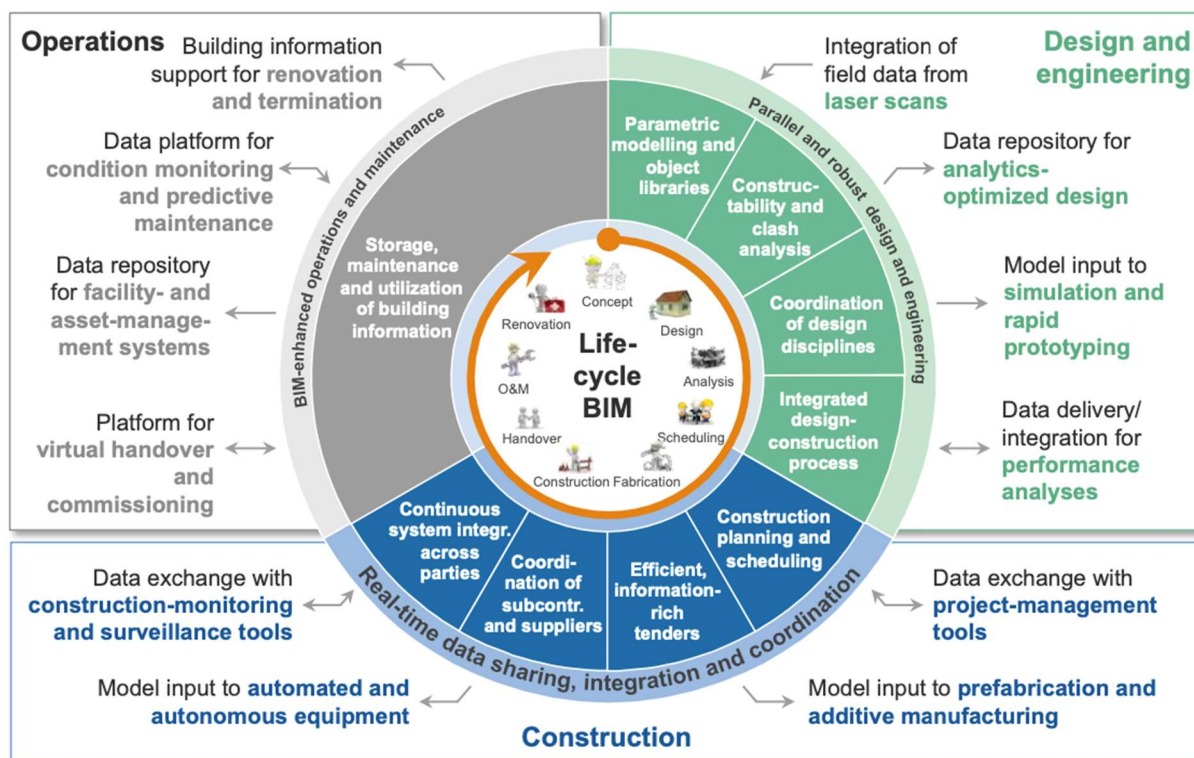
2.3.1 BIM i prosjektering

Flyten av BIM i et bygg- eller anleggsprosjekt foregår ved at hver enkelt fagdisiplin arbeider i en BIM-fagmodell som er spesielt egnet og rettet mot den aktuelle fagdisiplinen. En byggingeniør vil for eksempel benytte Tekla Structures, en veiingeniør vil benytte Novapoint, og en landskapsarkitekt vil benytte et annet program fordi disse fagdisiplinene står overfor ulike problemstillinger og behov i designprosessen. Det finnes per dato ingen programmer som evner å integrere alle fagmodeller i en felles arbeidsmodell. Hver enkelt fagmodell lastes så opp i en tverrfaglig sammenstillingsmodell som brukes til krasjtesting, visualisering og forståelse av prosjektet som helhet, koordinering av avhengigheter og informasjonsdeling (Westgaard et al., 2010). Det er essensielt at fagmodellene kan konverteres til et felles filformat, slik at de kan sammenstilles og koordineres effektivt (Leite, 2020). Vanlig praksis er å bruke IFC-formatet til dette, i henhold til ISO 19650. I Figur 6 illustreres det hvordan syv ulike fagmodeller integreres i en tverrfaglig sammenstillingsmodell. Eksempler på slike sammenstillingsmodell-løsninger er Norconsults ISY Prosjekt og Navisworks fra Autodesk. ISY Prosjekt fungerer som en BIM-basert innsynsmodell i prosjektet E39 Kristiansand – Mandal, ved at den samler all relevant data på ett sted, og gjør den tilgjengelig for mange (Jakhelln, 2020).



Figur 6: BIM tverrfaglig sammenstillingsmodell (BIM Corner, u.å.)

Figur 7 viser BIM-modellens livssyklus gjennom et prosjekt. I designfasen former man BIM-modellen, og bruker den til å koordinere fagdisipliner, vurdere gjennomførbarhet og samhandle rundt designprosessen. I byggefasen brukes BIM til sanntids-informasjonsdeling, samt integrasjon og koordinering av utførende aktører. I driftsfasen kan BIM brukes til lagring, samling og systematisering av informasjon tilknyttet drift- og vedlikeholdsformål (WEF, 2016).



Figur 7: BIM-modellens livsløp (WEF, 2016, s. 24)

2.3.2 Teknologi

BIM som teknologi er i stadig utvikling, og omtales som et flerdimensjonalt konsept, hvor flere dimensjoner kan legges til BIM-modellen. 3D-dimensjonen omfatter geometriske 3D-objekter med tilknyttet informasjon, og muliggjør en tilknytning av modellen til en felles dataplattform for informasjonsdeling. Videre finnes det opp til 10 dimensjoner av BIM, som vist i Tabell 2. Det finnes noen ulike tilnærminger til hvordan BIM-dimensjonene defineres, men vi har valgt å definere etter Centre-Line-Studio (2019). De fleste av disse BIM-dimensjonene er ikke i utstrakt bruk, men er i mer eller mindre grad utforsket. De mest brukte dimensjonene per nå er 2D og 3D, mens 4D til 7D fortsatt er nytt for mange. 8D til 10D er delvis på et konseptnivå, men det finnes innslag av for eksempel bruk av laserscanning, droner og integrasjon av Lean mot BIM modeller (Bjørheim, 2020; Johannessen, 2018).

Det finnes flere ulike BIM relaterte teknologier som ikke er eksplisitt definert i tabellen, for eksempel parametrisk modellering. Mork (2020) viser til at parametrisk modellering kan være svært nyttig fordi det medfører en stor endringsfleksibilitet i designprosessen, men at bruken i praksis må veies opp mot økt tid til implementering.

Tabell 2: BIM-dimensjoner. Oversatt og inspirert av (Centre-Line-Studio, 2019).

BIM-Dimensjon	Beskrivelse	Egenskaper
2D	Tegninger fra 3D modell	Fremstilling i 2D ut fra 3D modell
3D	Modell	Grafisk og ikke-grafisk informasjon i modell. Høy grad av visualisering gir mulighet til å se bygget virtuelt før det bygges
4D	Tidsplan	Brukes til planlegging og fjerning av hindringer som kan forsinke byggeprosessen. Kan øke forståelse i ulike byggefaser
5D	Kostnader	Kostnadsplanlegging, estimering, budsjettering i modell. Integrerer modell med økonomisk relatert programvare
6D	Livsløp	Integrerer miljøhensyn og kan gi analyser av energiforbruk, helse, sikkerhet og bærekraftighet i byggets livsløp
7D	Drift	Integrasjon av driftssystem, infrastruktur og vedlikehold
8D	«Som bygget» realisme	Detaljnivå tilnærmet virkeligheten. Muliggjøres med laserskanning, droner, AI, osv.
9D	Lean Construction	Integrerer metodikk fra Lean Construction i modelleringsprosessene
10D	Industriell byggeprosess	Ved bruk av Lean filosofien i BIM kan produktiviteten forbedres i hver fase av byggets livssyklus: fra design til drift

2.3.3 Standardisering - ISO 19650

BIM har lenge vært noe vilkårlig brukt hos forskjellige aktører, og det har ikke eksistert noen felles retningslinjer for hvordan BIM burde brukes. Det har vært og er fortsatt mye forskjellig praksis rundt BIM, og behovet for en felles standardisering av metoder og verktøy i bransjen er stort. NS-EN ISO 19650 har blitt utviklet av Den europeiske standardiseringsorganisasjonen (CEN) som et svar på dette. Standarden tar sikte på å standardisere begrepsbruk og beste praksis ved bruk av BIM-modeller, og skal være en støtte for styring og produksjon av informasjon i

bygg- og anleggsprosjekter. Det påstås at standardiseringen kan gi gode resultater både for eiere og hele leveransejeden. Noen av fordelene som beskrives er økte muligheter, redusert risiko og reduserte kostnader (Standard Norge, 2020).

Standarden gjør også et poeng av å skille mellom bruken av BIM for prosjektets formål, og bruken av BIM i driftsfasen. BIM for prosjektets formål kalles for prosjektinformasjonsmodell (PIM), som tilpasses og videreutvikles for driftsfasen til å bli en informasjonsmodell for byggverk, fra engelsk asset information model (AIM). Dette skillet er hensiktsmessig da den praktiske bruken og nytten av modellen vil være ganske forskjellig for de to fasene (Standard Norge, 2020).

2.3.4 Nytten av BIM

Nytten av BIM er konstatert av både akademia og bygg- og anleggsindustrien. Videre presenteres en sammenfatning av teorien omkring hvilken nytte bruken av BIM har i prosjektering.

Tverrfaglig samhandling

Studier viser til at BIM i seg selv kun er et verktøy, men at BIM er meget nyttig for å trigge gode diskusjoner, kommunikasjon, problemløsning og samhandling ved hjelp av visualisering (Samtidig Prosjektering, u.å.-a). BIM som verktøy og arbeidsmetodikk legger til rette for tidlig involvering og samhandling mellom fagdisipliner i prosjekteringen, noe som kan gi bedre innsikt i problemer, muligheter og alternativer. Fordi BIM-sammenstillingsmodellen er en felles kilde til informasjon for alle fagfelt kan det lages en tidlig og nøyaktig visualisering av hvordan designet skal se ut, med konsistent og pålitelig innhold. En visualisert modell kan bidra til at prosjektmedlemmers mentale bilde av designet sammenfaller, og at det skapes en felles forståelse (Chen, 2015; Eastman et al., 2018).

Ved å ta i bruk visualiserte BIM-modeller vises det til at antall feil og negative iterasjoner reduseres, flere problemer løses eller unngås helt, samt at krav til designet som ikke tidligere var definert identifiseres (Chen, 2015; Eastman et al., 2018). Kvålshaugen et al. (2021) viser til at BIM kan forbedre problemløsning og samhandling ved at det jobbes tettere sammen og skapes en større felles vilje til å løse problemer. BIM har i noen studier også vist seg å medføre endringer i den tradisjonelle arbeidsprosessen, ved at for eksempel arkitekten ikke lenger

fungerer som premissgiver, men i større grad samhandler med de andre fagene i tidligfasen (Bråthen et al., 2017).

Ekstern samhandling

En norsk studie viste at kombinasjonen av BIM og samlokaliserte møter forbedret samhandling ved å fasilitere for raskere kommunikasjon, og bidro samtidig til et godt sosialt arbeidsmiljø i prosjekteringsgruppen. Disse positive effektene på samhandlingen begrunnes med at BIM og samlokaliserte møter linker sammen aktørene både teknologisk og organisatorisk (Bråthen, u.å). BIM har også vist seg å positivt påvirke informasjonsflyten mellom aktører (Chen, 2015; Eastman et al., 2018).

BIM skaper nye forhold og samarbeidsformer blant interessenter i et prosjekt ettersom mer informasjon deles, og det skapes en tettere integrasjon. Dette gir gevinst hos alle involverte ved et bedre fasilitert samarbeid. Det vises spesifikt til at BIM er svært nyttig i integrasjon mot byggeprosessen ved at følgende funksjoner integreres: forprosjekt, 3D-design, tidsplanlegging, kostnadsanalyse, krasjdeteksjon, bærekraftsanalyse og byggbarhet (Chen, 2015).

Prosjektstyring

Eastman et al. (2018) viser til at BIM muliggjør visualisering, simulering, og analyse av både konstruksjonsprodukter og -prosesser. Litteratur viser til at bruk av BIM kan føre til mange forbedringer innen prosjektstyring, deriblant mer nøyaktige kostnadsestimater, bedre kvalitet og bedret styring av bærekraft ved at problemer løses på et tidlig stadie (Chen, 2015; Eastman et al., 2018; Love et al., 2013; Miettinen & Paavola, 2014). En annen studie trekker frem at den forbedrede samhandlingen som forekommer ved bruk av BIM fører til færre feil i designprosessen og øker produktiviteten i hele byggeindustrien. På denne måten argumenteres det for at BIM representerer et paradigmeskifte innen byggeledelse (Miettinen & Paavola, 2014). Bruk av BIM kan som følge av muligheten til å kontinuerlig forbedre og følge opp arbeid i modellen føre til mer effektiv prosjektstyring, samt mer effektive beslutningsprosesser for alle interessenter i et prosjekt, ved at nødvendig informasjon er tilgjengelig og enkelt lar seg hente ut (Chen, 2015; Miettinen & Paavola, 2014).

I følge Mostafa & Leite (2018) blir BIM mest brukt til koordineringsformål i design. Dette bekreftes av (Lu et al., 2013) som trekker frem at en forbedret samhandling skjer på bakgrunn av bedret koordinering og produktivitet. For å få mest nytte av BIM-basert designkoordinering

har byggherren en nøkkelrolle ved å sette krav til bruk av BIM opp mot hovedentreprenøren. Effektene av kontraktsbaserte krav vil gjennom dette også få utslag hos underentreprenører (Leite, 2020). BIM kan påvirke samhandling positivt dersom de involverte har en felles forståelse for hvilke dataverktøy og filformater som benyttes. Standardisering fremheves som en måte å øke denne felles forståelsen på (Bråthen, 2015).

Bruk av parametrisk modellering i BIM legger til rette for at endringer kan gjennomføres mer effektivt, og prosjekteringsprosessen effektiviseres (Miettinen & Paavola, 2014). Eastman et al. (2018) viser til fordelene ved at BIM automatisk kan oppdage og korrigere feil når endringer utføres i modellen, blant annet ved simulering og parametrisk design.

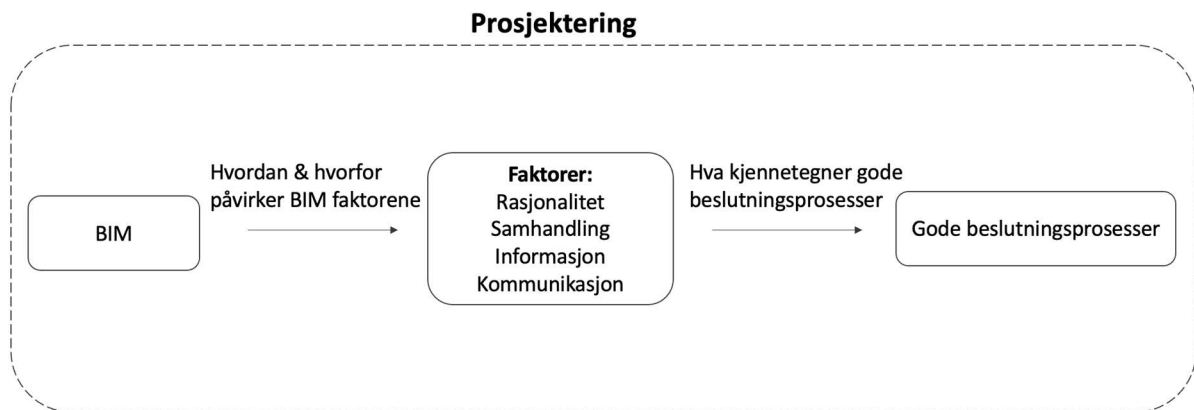
2.4 Teoretisk rammeverk

Teorikapittelet har belyst beslutningslitteraturen, prosjektlitteraturen og BIM-litteraturen, og identifisert og belyst bakenforliggende årsaker til gode beslutningsprosesser. Utvelgelsen av faktorer som påvirker gode beslutningsprosesser er basert på logikk, kontekstkompetanse og bransjeinnsikt, samt en pilotstudie bestående av samtaler og veiledning med eksperter på området. Ekspertene som vi konfererte med består av Bo Terje Kalsaas, Paul Svennevig og Torbjørn Bjorvatn.

Litteraturstudien har identifisert fire faktorer som er viktige i gode beslutningsprosesser, og som samtidig påvirkes ved bruk av BIM: *rasjonalitet, samhandling, informasjon og kommunikasjon*. Litteraturen viser ingen eksplisitt definisjon på hva en god beslutningsprosess er, da det er situasjonsbetinget avhengig av hva som skal besluttes. Det fremholdes likevel at en god beslutningsprosess er rasjonell og velinformert, og kjennetegnes videre av godt samarbeid og god kommunikasjon. Definisjonen av en god beslutningsprosess kjennetegnes derfor av de fire identifiserte faktorene.

Faktorene samsvarer godt med Bradley et al. (2016) sin definisjon av BIM, hvor representasjon kan forstås som informasjon og kommunikasjon, mens rasjonalitet og samhandling er knyttet til det som omtales som prosess. Faktorene er også i tråd med Samtidig Prosjektering (u.å.-a) som viser til at samarbeid, kommunikasjon og styring av informasjon er viktig i prosjektering.

Ved å definere åpne og vide faktorer tilrettelegger studien for oppdagelsen av nye faktorer gjennom empirien, og en eventuell konkretisering av teorien basert på det studerte caset. Figur 8 illustrerer hvordan gode beslutningsprosesser kjennetegnes av faktorene identifisert i litteraturstudien, og hvordan BIM påvirker dem. De fire faktorene utdypes nærmere i de kommende delkapitlene.



Figur 8: Teoretisk rammeverk

2.4.1 Rasjonalitet

Det fremkommer av beslutningsteorien at rasjonalitet er vesentlig i gode beslutningsprosesser. Jo mer gjennomtenkte og strukturerte beslutningsprosessene er, jo bedre kvalitet får man i beslutningene, i henhold til system 2 og den normative tilnærmingen (Stanovich & West, 2000). Dette gjelder spesielt for viktige beslutninger da disse ofte medfører store konsekvenser. På den måten er beslutningsprosesser og hvordan problemer løses viktig for å oppnå en god beslutning.

Beslutninger kan i noen tilfeller gjøres mer rasjonelle blant annet ved bruk av beslutningsverktøy. Litteraturen beskriver BIM som et effektivt verktøy for å hente ut ønskelig informasjon, og kan på den måten legge til rette for mer rasjonelle beslutningsprosesser. Teori viser også at det i mindre viktige beslutninger kan være hensiktsmessig å basere seg på erfaring og intuisjon i henhold til system 1, for å få raske og effektive beslutninger (Stanovich & West, 2000). Visualisering i BIM har vist seg å kunne bidra til en rask felles forståelse, noe som kan tyde på en forbedret intuitiv beslutningsprosess.

Gruppebeslutninger kan ifølge teorien bidra til mer rasjonelle beslutningsprosesser. Litteraturen viser at BIM bidrar til en felles tverrfaglig forståelse, og kan på den måten påvirke oppnåelsen

av konsensus. Beslutningsteorien viser videre til at konsensusdrevne beslutninger ofte er de beste, men at det finnes utfordringer knyttet til hvordan gruppekonsensus skapes (Chao et al., 2021; Justice & Jamieson, 2012; Michaelsen et al., 1989; Palomares, 2018). Interessekonflikter, mangel på beslutningsstruktur eller informasjonsdeling kan gjøre det vanskelig å oppnå tilfredsstillende enighet. Bedre stemning og gjensidig tillit i grupper kan føre til at grupper lettere kommer fram til gode konsensusdrevne beslutninger, mens gruppetenkning ifølge teorien er en mulig fallgrube som kan føre til forringelse av beslutninger basert på konsensus.

2.4.2 Samhandling

Essensen i prosjektering handler om å samhandle for å løse problemer, enten det er utarbeidelsen av en endelig løsning, eller mindre tilpasninger som kan besluttes på stedet. Beslutningsprosesser underveis i designprosessen knyttes ofte til om kunnskapen og informasjonen man har om forskjellige løsninger er god nok, eller om det trengs ytterligere informasjon for å kunne ta et endelig valg av løsning.

Komplekse og tverrfaglige prosjekter innehar ofte mange resiproke og gjensidige avhengigheter, og løsninger utvikles ofte i iterative prosesser både for å håndtere avhengigheter og for å øke forståelsen for løsninger. Samlokaliserte arbeidsmøter slik som ICE-sesjoner har vist seg å være spesielt gode for effektiv problemløsning og håndtering av avhengigheter. I ICE-møtene foregår utstrakt samhandling, koordinering og problemløsning ved bruk av BIM på tvers av fagområder. Bruk av BIM har ført til et tettere tverrfaglig samarbeid, en større vilje til å løse problemer, og redusert antall negative iterasjoner (Kvålshaugen et al., 2021).

Samhandling mellom interne og eksterne aktører er vesentlig for å oppnå smidig prosjektering og effektive beslutninger med de riktige personene til stede. God samhandling har vist seg å føre til bedre stemning og gjensidig tillit i grupper, samt legger til rette for bedre kommunikasjon og informasjonsdeling. Bråthen (u.å) viser til at BIM skaper en teknologisk integrasjon mellom aktører, og slik legger til rette for bedret samhandling.

2.4.3 Informasjon

Velinformerte beslutningsprosesser beskrives i teorien som gode beslutningsprosesser. Riktig og tilgjengelig informasjonen er viktig for å få forståelse for problemer og kunne ta gode beslutninger. Det handler om å identifisere og samle inn relevant informasjon om forskjellige

alternativer, med tilhørende konsekvenser og omstendigheter. Det er viktig at beslutningstakere har god oversikt over mulige alternativer og løsninger for å ta en god beslutning. Teori viser til at BIM er et effektivt verktøy for å hente ut nødvendig informasjon (Chen, 2015; Miettinen & Paavola, 2014).

Modning knyttes til informasjon ved at man i BIM kan spesifisere hvilket detaljeringsnivå, type, og mengde informasjon som inngår i de ulike MMI nivåene. På den måten bidrar modning til å skape en forståelse for designet. Som beskrevet i teorien kan MMI også øke kvaliteten i beslutningsunderlaget ved at avhengigheter og fagenes fremdrift synliggjøres. Styring etter modningsnivåer har vist seg å være nyttig både i problemløsning, kommunikasjon og samhandling. BIM som verktøy er helt nødvendig for å styre prosjekteringen etter modning, da en kontinuerlig oppdatering av MMI-nivåer er essensielt.

2.4.4 Kommunikasjon

Kommunikasjon nevnes som en vesentlig faktor i gode beslutningsprosesser, og fremkommer fra prosjektlitteraturen og teori om gruppebeslutninger. Beslutningstakere kan ha mye relevant informasjon om en problemstilling, enten basert på erfaring eller lagret i en BIM modell, men hvis ikke denne informasjonen formidles effektivt og ryddig vil den ikke være særlig anvendbar i en gruppebeslutning. Bråthen (u.å.) viser til at bruk av BIM fasiliterer for raskere kommunikasjon.

Informasjonsflyt er en form for kommunikasjon. Hvert fagområde kjenner designet på ulike måter, og det er dermed vesentlig at denne kunnskapen deles på tvers av personer i prosjektet. Teori viser til at BIM-sammenstillingsmodellen som en felles kilde til informasjon er svært nyttig for informasjonsflyten i prosjekter. Videre omtales bruk av MMI i kommunikasjon som nyttig for å skape en felles forståelse og redusere misforståelser (Grytting et al., 2017).

Formidlingsevnen fra avsender til mottaker er viktig for god kommunikasjon, og kommunikasjon via visuelle virkemidler nevnes som en særlig effektiv form for kommunikasjon. Visualisering av modeller i BIM skaper som tidligere nevnt en rask felles forståelse for problemstillinger og anses som en effektiv måte å kommunisere på (Chen, 2015; Eastman et al., 2018). Teorien viser også at etterprøvbarehet i kommunikasjon er viktig for å unngå negative iterasjoner i beslutningsprosesser.

3 Metode

Dette kapittelet redegjør for de metodiske valgene som er tatt i arbeidet med denne studien. Først presenteres studiens overordnede forskningsdesign og SDI-metoden (stegvis-deduktiv induktiv metode) som studien baserer seg på. Deretter presenteres litteraturstudiet og pilotstudiet som er gjennomført. Videre beskrives reduksjon, analyse og tolkning av data før studiens kvalitet diskuteres i lys av pålitelighet, gyldighet og generaliserbarhet. Til slutt kommenteres etiske betraktninger som har oppstått i arbeidet med studien.

3.1 Forskningsdesign

Studiens forskningsdesign beskriver den helhetlige fremgangsmåten for å gjennomføre en studie, fra utformingen av forskerspørsmålene, via hva og hvem studiet omhandler, til datainnsamling, analyse og vurdering av studiens kvalitet (Johannessen et al., 2016).

Bakgrunn for forskningen

Litteraturen rundt bruk av BIM i beslutningsprosesser er svakt utbygd, og gir egentlig ikke noen klare linjer for studien. Beslutningslitteraturen er derimot sterkt utbygd over flere tiår med forskning, mens BIM-litteraturen også er relativt sterkt utbygd, men baserer seg i hovedsak på det siste tiåret. Det har vært en stor teknisk utvikling innenfor BIM og BIM-litteraturen, og enkelte eldre studier har ikke nødvendigvis like stor relevans lengre. Denne studien antas å kunne være en bro mellom de to litteraturene, og belyse hvordan bruk av BIM påvirker gode beslutningsprosesser. Ettersom det ikke finnes noen direkte kobling mellom BIM og beslutningsprosesser er det valgt å bruke en forskningsmodell med flere uavhengige variabler for å belyse denne koblingen. Formålet med studien er derfor å samle erfaringer rundt bruk av BIM i beslutningsprosesser, og samtidig bidra til å utvide og fylle ut eksisterende konsepter og teori på området, slik Tjora (2018) beskriver formålet med kvalitative studier.

Casestudie

Ettersom tematikken «bruk av BIM i beslutningsprosesser» er lite studert er det valgt å gjennomføre en casestudie av prosjektet E39 Kristiansand - Mandal. I det studerte caset er det svært vanskelig å skille bruk av BIM i beslutningsprosesser fra sin prosjekt-kontekst ettersom prosjektet er en unik sammensetning av oppgaver, mennesker, teknologi, lokasjon, etc. Ved å snarere studere BIM i sin kontekst av prosjektering antas studien å gi fylldigere og mer forklarende svar på studiens forskerspørsmål. Dette er i tråd med Yin (2018) sin definisjon av

casestudier som en empirisk metodikk med formål å utforske og beskrive et avgrenset fenomen så rikt og fyldig som mulig i sin kontekst. Casestudier bygger også på foregående utvikling av teori, og sett i lys av studiens forskningsdesign med uavhengige variabler for å knytte ulike teorier sammen, synes det derfor logisk å gjennomføre studien som en casestudie.

Forskerspørsmål

Studiens forskerspørsmål er blitt til gjennom litteraturstudien, og ytterligere formet og justert i pilotstudien. Innspill i pilotstudien fra erfarne personer med god innsikt i tematikken har hjulpet oss forskere med formingen av forskerspørsmålene til å være presise og relevante. Utformingen av forskerspørsmålene er også tett knyttet til valg av case ettersom bruk av BIM-modeller har vært en essensiell del i gjennomføringen av det studerte prosjektet. Det at forskerspørsmålene var relevante for bransjen, og Nye Veier som oppdragsgiver har også vært av betydning.

3.2 Valg av case

Studien er gjennomført som et enkelt-casestudie av veiutbyggingsprosjektet E39 Kristiansand – Mandal. Prosjektet har stilt svært høye krav til bruk av BIM-modeller, mer enn noe annet tidligere samferdselsprosjekt i Norge, og krevd nybrottsarbeid og utvikling av teknologi og løsninger som ikke eksisterte på markedet. Det kan således klassifiseres som et ekstrem-case eller avvikende fra normalen-case, slik Yin (2018) og Tjora (2021) beskriver en av flere grunner for valg av case. Caset er også delvis valgt på grunn av vår allerede kjennskap til prosjektet ved at Kristian arbeidet med prosjektet i Nye Veier, sommeren 2020. En tidligere kjennskap anses i hovedsak å være positivt da studien er en abduktiv studie, og søker mest mulig nyanserte betraktninger og rike beskrivelser av fenomenet. Den tidligere kjennskapen har også vært fordelaktig for å enklere identifisere og rekruttere relevante informanter. Det at prosjektet under arbeidet med denne studien var aktivt med både prosjektering og bygging var også en medvirkende faktor for valg av case, ettersom det ble antatt at informantene ville ha studiens tematikk ferskt i minne og at intervjuene dermed ville gi god og nyansert informasjon. Tjora (2021) viser til at case som velges ut ifra bekvemmelighet ikke nødvendigvis er optimale for generaliserbarhet, og selv om vår tidligere kjennskap til prosjektet kan oppfattes som en bekvemmelighetsårsak, kan det også anses å være en styrke for forskernes forståelse av prosjektet, tilgangen til relevante informanter, samt for å sikre at det valgte caset er representativt for studiens formål (Yin, 2018). Av andre mulige case ble E18 Arendal – Tvedestrand også vurdert, men ettersom dette prosjektet ble avsluttet i juli 2019 ville

intervjuene vært vanskeligere å gjennomføre da de måtte vært basert på informantenes hukommelse. Prosjektet gjorde også langt mindre bruk av BIM, noe som ville vært mindre hensiktsmessig å studere med hensyn på forskerspørsmålene.

Ved å studere et enkelt-case kan det være vanskeligere å argumentere for at funnene i studien er generaliserbare, men en enkelt-casestudie kan allikevel spille et verdifullt bidrag til kunnskaps- og teoriutvikling ved at studien bekrefter, avkrefter, utfordrer eller utvider eksisterende teori (Yin, 2018). Masteroppgavens omfang gjør det ikke mulig å gjennomføre et dobbelt- eller multipel-casestudie selv om en slik tilnærming ifølge Yin (2018) kan øke reliabiliteten og generaliserbarheten på funnene. Ettersom temaet BIM i beslutningsprosesser er relativt lite utforsket, og studien er en abduktiv studie antas det at studien kan spille en viktig rolle inn i utviklingen av konsepter og teori på temaet. Det valgte caset er også et «ekstrem case», og antas å kunne gi rik informasjon og kunnskap om hvordan det spesifikt kan dras nytte av BIM inn i beslutningsprosesser i prosjekteringsfasen i også andre bygg og anleggsprosjekter.

Studien er gjennomført som en holistisk casestudie ettersom det ikke forekommer noen logiske undergrupper å studere, samt at teorien ikke indikerer flere undergrupper som studieobjekter. Det kan argumenteres for at informantutvalget, beskrevet i kapittel 3.6 skilles av to studieenheter, teknisk og overordnet, men det synes ikke logisk å skille de metodisk da teorien som sagt ikke identifiserer noe skille.

Avgrensning

Bygg- og anleggsbransjen baserer seg i stor grad på prosjekter. Den naturlige avgrensningen på oppgaven gis av prosjektets omfang, samt prosjekteringsfasens omfang og personer og aktører som er involvert. En slik avgrensning kan legge til rette for en god beskrivelse av fenomenet i sin tilhørende kontekst, og dermed også øke relevansen av studien inn mot prosjekter i lignende kontekster og bransjer.

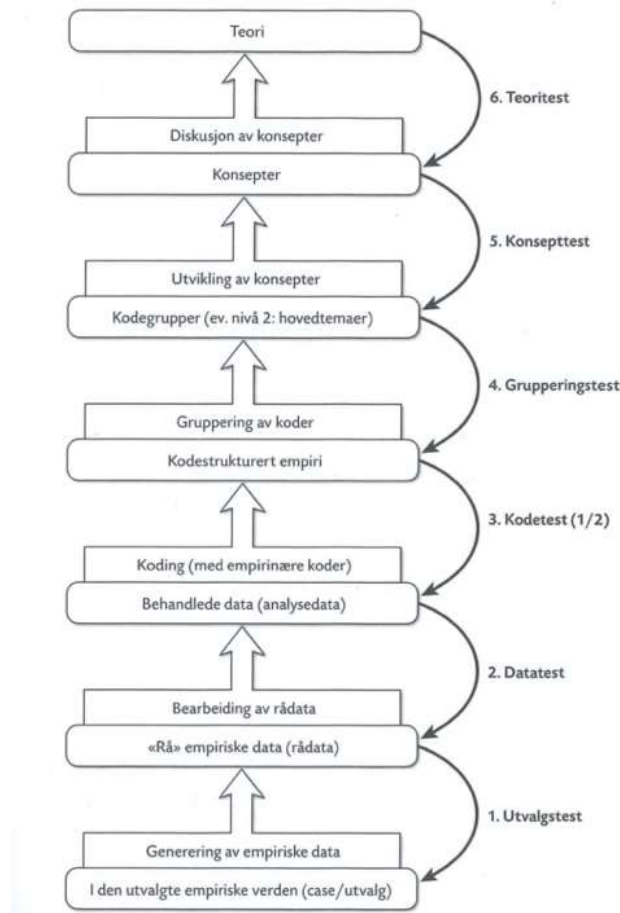
Av praktiske og tidsmessige årsaker har vi måttet avgrense hvilke typer beslutningsprosesser studien omfatter. De største og mest utslagsgivende beslutningene i vei og anleggsprosjekter omhandler normalt valg av trase og lignende, men dette er beslutninger som tas allerede i reguleringsprosessen av prosjektet, og er i stor grad politisk styrt. Dynamikken i prosjekteringsfasen som foregår samtidig med byggeprosessen gjør det interessant å se på hvordan bruk av BIM virker inn på beslutningsprosessene i prosjekteringsfasen. Studien

avgrenses derfor til å omhandle Nye Veiers, AF gruppens og Norconsults erfaringer ettersom de er de sentrale partene i prosjekteringen. Myndigheter, kommuner og andre interesseorganisasjoner har mindre innvirkning på prosjekteringen og utformingen av løsninger i denne fasen.

3.3 SDI-metoden

Studien har støttet seg til SDI-metoden (stegvis-deduktiv induktiv metode) som er en nyutviklet metode av sosiolog og professor Aksel Tjora. Målet med metoden er ifølge Tjora (2021) å tilby en systematisk metode for gjennomføring av kvalitativ forskning. Stegene og gangen i metodikken er illustrert i Figur 9. I metoden arbeides det stegvis fra rådata til konsepter. Det startes med å samle inn rådata, som deretter kodes med en empirinær tilnærming for å redusere datamaterialet til en håndterlig størrelse. Videre kategoriseres det kodede materialet, og det undersøkes videre hvorvidt det forekommer konseptuelle mønstre eller prinsipper i datamaterialet. Kategoriene ses deretter opp mot teorien med det mål å identifisere konsepter, og bekrefte, avkrefte, utvikle eller justere teorien. De oppadgående pilene illustrerer prosesser hvor en induktivt jobber fra data mot empiri, mens de nedadgående pilene betegner deduktive tester for å sjekke fra det teoretiske mot det empiriske (Tjora, 2021).

Ettersom studiens tematikk ikke er så godt utforsket er det valgt å benytte SDI-metoden, fordi den bidrar til at empirien snakker for seg selv, og i mindre grad leder forskningen mot å være bevis- eller dokumentasjonsdrevet, og kun finne det en leter etter. SDI-metoden ligger nært opptil en abduktiv strategi hvor teorier og perspektiver spiller inn både på den kvalifiserte gjetningen av hypoteser og utforming av forskerspørsmål, men også i analysedelen hvor empirien knyttes opp mot teorien (Tjora, 2021).



Figur 9: Stegvis-deduktiv induktiv metode (Tjora, 2021, s. 21)

3.4 Litteraturgjennomgang

Litteraturgjennomgangen har belyst hvordan vi har kommet frem til de identifiserte faktorene og det teoretiske rammeverket. Både Yin (2018) og Tjora (2021) viser til at en relevant forankring av studien i teori kan styrke forskernes forståelse av temaet, og muligheten for å samle inn relevant informasjon om temaet. For å finne relevant litteratur ble det gjort søk i flere ulike databaser, blant annet: Oria, Webofscience, business source complete og research database. Søkene ble spisset inn mot litteratur som omhandler BIM, effekter av BIM, beslutningsprosesser, og verktøy for beslutninger. Designteori er også en studert tematikk for å skape et grunnlag for å forklare de underliggende driverne i beslutningsprosesser i prosjekteringsfasen.

Ettersom forskerne er relativt nye innen studiens tema var en slik litteraturgjennomgang nødvendig for å etablere forståelse, innsikt og kunnskap om tematikken, samt for å bedre relevansen av intervjuguiden og innsamlingen av data, slik Yin (2018) beskriver. Videre viser

Rosenbaum (2002) som beskrevet i Yin (2018) til at ikke-eksperimentelle studier med fordel kan utvikle mønstre og hypoteser for hva studien vil finne fordi studien får et spisset design og legger til rette for en bedre tolkning av funnene i studien. Derfor er det i denne studien utviklet et teoretisk rammeverk basert på litteraturstudiet som illustrerer og forklarer sammenhengen mellom de identifiserte faktorene.

For å identifisere viktige faktorer i gode beslutningsprosesser støtter vi oss på beslutningsteori og prosjekteringsteori. For å videre sortere ut hvilke faktorer som påvirkes ved bruk av BIM er det brukt egen logikk, kryssreferanser mellom BIM-litteratur og beslutningsteori, kontekstkompetanse og bransjeinnsikt, samt en pilotstudie. For å sikre at vi ikke unnlater viktige faktorer og forhold, og samtidig legger til rette for at empirien kan identifisere andre faktorer enn de beskrevet i teorien er faktorene i det teoretiske rammeverket laget vide. I vurderingen av faktorer lå det til grunn et kriterie om en klar teoretisk, empirisk eller logisk kobling mellom faktorene, BIM og beslutningsprosesser.

For å sikre at studien forankres i relevant og aktuell litteratur er sjekklisten vist i Tabell 3 benyttet.

Tabell 3: Kildekritikk. Inspirert av (Kildekompasset, u.å.; NTNU, u.å.)

Kildekritikk	
Troverdighet	Er forfatteren kvalifisert? Er utgiver anerkjent? Er forfatter en person, organisasjon eller institusjon?
Objektivitet	Er informasjonen balansert eller ensidig? Blir saken belyst fra flere/alle sider?
Nøyaktighet	Når ble kilden publisert og revidert? Er informasjonen saklig, detaljert og eksakt? Er funnene i kilden etterprøvbare?
Egnethet	Er kilden relevant for studien? Er kilden en vitenskapelig publikasjon?

3.5 Pilotstudie

For å sikre at forskerspørsmålene, de identifiserte faktorene og spørsmålene i intervjuguiden er praktisk og teoretisk relevante er det gjennomført en pilotstudie bestående av samtaler med et ekspertutvalg. Utvalget bestod av akademikerne Bo Terje Kalsaas, Paul R. Svennevig og Torbjørn Bjorvatn, samt Thomas Jenssen fra Nye Veier som alle har lang erfaring med enten BIM, beslutningsprosesser eller begge deler. En slik tilnærming kan ligne på Tjora (2021) sin beskrivelse av fokusgrupper, med unntak av at samtalene med ekspertene ikke fant sted samtidig. Yin (2018) viser til at noen studier kan dra nytte av å gjennomføre empiriske forundersøkelser for å sikre relevansen av studien og forskernes forståelse av temaet, samt legge til rette for at studiens innhentede data blir så relevant som mulig. Pilotstudien gjennomført i denne studien viste seg å være nyttig på flere områder, og førte blant annet til en spissing av faktorer i det teoretiske rammeverket, en spissing av forskerspørsmål, samt endringer i enkelte spørsmål i intervjuguiden både i innhold og ordlyd. Det antas at disse endringene økte relevansen av det teoretiske rammeverket og intervjuguiden, og på den måten også økte relevansen av datainnsamlingen, både med hensyn på identifisering av aktuelle informanter, og formuleringer og begrepsbruk i intervjuguiden.

En pilotstudie vil helt klart forme studiens retning, noe som kan anses negativt i at den går i retning av å bli dokumentasjonsdrevet og finne det den leter etter, men det må samtidig understrekes at studien undersøker et fenomen og ønsker å beskrive fenomenet så fylldig og rikt som mulig. En slik pilotstudie ses i den sammenheng, som argumentert over, som et verdifullt bidrag til å legge til rette for en god datainnsamling og forskningsutførelse.

3.6 Datainnsamling

Kvalitativ og kvantitativ tilnærming er to ulike måter å etablere kunnskap på, og i denne studien er det valgt å benytte en kvalitativ tilnærming. Det er gjennomført 12 intervjuer med en snittlengde på 50 minutter, en mindre dokumentstudie av grauthellerprosessen, samt et kort oppfølgingsintervju med en av informantene i forbindelse med dokumentstudiet.

Datakilder

Casestudier studerer et fenomen både i dybden og i sin kontekst, og bør med fordel benytte flere datakilder for en triangulering av data og konvergering av funn (Johannessen et al., 2016; Yin, 2018). Det er gjennomført et mindre dokumentstudie av grauthellerprosessen, men bruk av BIM

i beslutningsprosesser er en tematikk som ikke enkelt lar seg hente ut ifra møterefater, dokumenter og lignende da det i hovedsak er beslutningene som dokumenteres, men i mindre grad prosessen med å komme frem til beslutninger og bruk av BIM og verktøy. Dokumentstudiet sammen med et oppfølgingsintervju av grauthellerprosessen gav likevel et godt innblikk i prosjekteringsprosessen og hvordan beslutninger planlegges og dokumenteres.

Studien kunne muligens dratt nytte av å studere historikken i dokumenter på enkelt-beslutninger og hvorfor beslutninger eventuelt ikke ble tatt. En slik undersøkelse kunne bidratt til å gjøre studien mer relevant ved å studere hvorvidt bruk av BIM kunne medført at en større andel beslutninger faktisk kunne vært tatt på stedet. Tilnærmingen avviker samtidig litt fra studiens tematikk, og måtte i større grad også omfattet møtemetodikk, og andre grunner til at beslutninger ikke ble tatt. En slik studie måtte også tatt hensyn til måltall og resultater av beslutninger, og ville medført et for stort omfang for en masteroppgave. Det er alltid avveininger i studier, og i denne studien ble det valgt å heller gjennomføre et godt antall intervjuer, da det ble antatt at det ville gi bedre informasjon om tematikken sett opp mot tidsbruk.

Intervjuer

Ettersom fenomenet i studien er lite utforsket, anses intervjuer å kunne gi gode svar på hvordan og hvorfor BIM påvirker beslutningsprosesser. Johannessen et al. (2016) viser til at intervjuer ofte gir fyldige og detaljerte svar og refleksjoner rundt et fenomen, samtidig om det også gir informantene frihet til å bringe opp perspektiver og erfaringer som ikke forskerne nødvendigvis hadde tenkt på. Intervjuer gir også muligheten for å foreta et relevant og strategisk utvalg av informanter sett i forhold til studiens formål.

Studien søker gjennom intervjuene å forklare beslutningsprosesser og bruk av BIM, men samtidig også samle informantenes personlige opplevelser og erfaringer rundt temaet. Johannessen et al. (2016) peker på at forklarende studier ofte søker å avdekke kunnskap fri for forskernes egne tolkninger for å bevare en objektivitet, mens i studier med formål å forstå meninger og handlinger vil forskeren være mer opptatt av en helhetsforståelse. Denne studien kan sies å ligge i midten av dette sjiktet. Ved å gjennomføre semi-strukturerte intervjuer belyses de teoretiske antagelsene i studien samtidig som det skapes rom for at informanten tar opp momenter som ikke nødvendigvis stemmer med teorien, eller som forskerne ikke hadde tenkt på. Et semi-strukturert intervju skaper også en uformell atmosfære og bidrar til at informanten

lettere kan prate (Johannessen et al., 2016). Intervjuguiden var utformet med spørsmål og underspørsmål delt opp i fire temaer som fremkom fra litteraturstudiet, og intervjuene fulgte delvis rekkefølgen i intervjuguiden og hoppet delvis litt frem og tilbake mellom spørsmålene. Underveis i intervjuet ble det ivaretatt at alle spørsmålene ble besvart for å skape et likt grunnlag for videre analyse av data.

Alle intervjuene ble gjennomført via teams av lokasjons- og smittvernshensyn. Flere av informantene fra Norconsult og AF var lokalisert på Østlandet, mens informanter fra Nye Veier primært var lokalisert i Kristiansand. Samtaler via videoløsning får ikke frem de menneskelige dynamikkene på samme måte som et fysisk intervju, men samtidig har smittesituasjonen vedvart over tid og informantene var godt vant med digitale intervjuer, møter og samtaler. Det kan likevel argumenteres for at forskerne gjennom fysiske intervjuer ville plukket opp mer dynamikk i intervjuet, men samtidig er informasjonen som samles faglig og lite sensitiv, så intervjuer via teams anses ikke som et kritisk problem. Dokumentasjon av intervjuene ble gjort via lydopptak. For å få frem ytterligere informasjon og stemning fra intervjuene ble det vurdert å ta opp intervjuene på video, men alternativet ble forkastet fordi opptak på video kan virke forstyrrende på informantene og deres åpenhet rundt temaet, samt at godkjent videoutstyr ikke lot seg enkelt oppdrive ved UiA.

Johannessen et al. (2016) viser til at tiden rett etter intervjuet er kritisk fordi forskerne da sitter igjen med mange umiddelbare inntrykk, og etter litt tid er det vanskelig for forskerne å huske og gjenskape informasjonen fra intervjuene. Som del av datainnsamlingen ble det derfor utarbeidet et kort referat i etterkant av hvert intervju som beskriver forskernes inntrykk av informanten, hovedtematikk som han/hun var opptatt av og eventuelle andre bemerkninger som ikke enkelt lot seg fange via lydopptak.

Utvalg og rekruttering

Det ble i hovedsak satt to kriterier for utvelgelse av informanter; informanten måtte ha erfaring med bruk av BIM og prosjekteringsledelse, og informanten måtte ha deltatt på prosjekteringsmøter i prosjektet. Det viste seg vanskelig å komme opp med en full liste over informanter i forkant av datainnsamlingen, og snøballmetoden sammen med kriteriene ble brukt for å identifisere og rekruttere relevante informanter. Snøballmetoden har sine styrker ved at informanter velges og kontaktes fortløpende i datainnsamlingen, og Johannessen et al. (2016) viser til at utvalget i kvalitative studier ikke har som mål å være representative, men

hensiktsmessige for studiens formål. Derfor ble det mot slutten av de første intervjuene stilt spørsmål til informanten om forslag til andre aktuelle informanter. Da hadde informanten som ble spurt allerede kjennskap og forståelse for hva studien omhandlet, og kunne derfor enkelt vise til andre personer som kunne gi god informasjon for studien. For å sikre informantenes relevans for studien ble det alltid tatt en telefon til hver informant for å kort informere om prosjektet og hvilken informasjon studien søker etter. Det ble deretter sendt ut et informasjonsskriv og en intervjuguide med spørsmål, for at informantene om ønskelig kunne forberede seg til intervjuet, samt også selv vurdere hvorvidt de var egnet som informanter i studien.

Et strategisk utvalg av informanter fører til at studien får en intern bredde i caset med informasjon fra både byggherre, rådgivende og entreprenør. Det ble i utgangspunktet ansett at en lik fordeling av intervjuer mellom aktørene var hensiktsmessig, men snøballmetoden viste at AF ikke hadde så mange personer involvert i prosjekteringen, og det ble kun identifisert tre relevante informanter. Videre kom det frem fra intervjuene at NV i liten grad tok beslutninger selv, og kun tok beslutninger vedrørende tredjeparter og kontraktsmessige endringer i prosjektet. Etersom de likevel i stor grad var involvert i beslutningsprosessene ble det derfor valgt å intervju fire personer fra NV. Det kom frem fra intervjuene at hovedvekten av beslutningene i prosjekteringsfasen ble tatt av Norconsult og det ble derfor valgt å intervju 6 informanter fra Norconsult. En av informantene fra AF hadde en dobbeltrolle og var ansatt 50/50 i AF og Norconsult. Totalt ble det gjennomført 12 intervjuer. I tillegg til de 12 intervjuene ble det gjennomført et kortere oppfølgingsintervju for å presentere Grauthellerprosessen i forbindelse med dokumentstudiet.

Prosjektet omfatter informanter med ulike roller i prosjektet, og ble valgt med en antagelse om at informanter med en overordnet ledelsesrolle kunne ha andre betraktninger rundt beslutningsprosesser og BIM enn personer på disiplinledernivå. Det ble ansett å være mest hensiktsmessig for studien å intervju informanter fra begge disse rollene fordi det vil gi mest nyansert informasjon om fenomenet og fenomenets kontekst. Av informantene var 6 personer ansatt i overordnede roller, mens 6 personer hadde mer tekniske roller som disiplinledere eller lignende.

3.7 Analyse av data

Analysedelen i studien har gjort bruk av SDI-metodens steg for behandling av rådata, empirinær koding, kodegruppering og konseptutvikling.

Bearbeiding av data

I analysearbeidet ble lydopptakene fra alle 12 intervjuene først transkribert. Det ble benyttet transkribering hvor pauser og venting hos informanten ble kodet, men samtidig ikke i en slik detaljgrad at teksten ikke ble leselig i etterkant. Tjora (2021) viser til at en god oversettelse fra lyd til tekst kan være utfordrende å få til fordi stemninger og andre visuelle inntrykk kan gå tapt. I denne studien har intervjuerne selv også gjennomført analysearbeidet, noe som gjør at stemningen fra intervjuene lettere kan gjenskapes gjennom tekst, og transkriberingsprosessen blir på den måten mindre sårbar (Tjora, 2021). Rett i etterkant av hvert intervju ble det utarbeidet korte referater for å ta vare på inntrykk og stemninger som ikke lett lar seg fange via tekst. Selv om forskerne utførte analysen selv, har referatene vist seg å være til hjelp for å gjenskape stemningen i intervjuene og dermed legge til rette for en bedre koding av materialet.

Empirinær koding

Etter transkriberingen ble dataen kodet for å redusere materialet til en mer håndterlig størrelse og for å hente ut det viktigste innholdet. Tjora (2021) viser til at koding legger til rette for at forskerne kan se ideer og interessante holdepunkter på bakgrunn av utsagn fra intervjuene. Vi oppdaget flere interessante ideer i kodeprosessen, og blant annet ble temaene felles forståelse og visualisering identifisert som interessante temaer.

Det ble benyttet en strategi for koding hvor all informasjon som kunne synes relevant på noen måte for studien ble kodet. Informasjon som omhandlet rekruttering av nye informanter, eller momenter som ikke kunne knyttes til hverken BIM, prosjekteringsprosessen eller beslutningsprosesser ble ikke kodet. Verken Tjora (2021) eller Johannessen et al. (2016) viser til noen bestemt systematikk for hvor utfyllende koding av intervjuer bør gjøres, og det ble det vurdert til at en strategi som beskrevet var hensiktsmessig med tanke på tidsbruk og nytte. Det ble benyttet en åpen og induktiv koding med en empirinær tilnærming. En empirinær tilnærming tar i bruk begreper og uttrykk brukt i intervjuene, og kodene vil dermed ligge tettere opp mot empirien. På den måten reduserer forskerne påvirkning fra teorien i kodeprosessen og unngår at kodingen blir teoridrevet. I kodeprosessen gjorde vi også bruk av Tjora (2021) som

beskriver to tester for hvorvidt en empirinær kode er en god kode. Sentralt står at koden skal beskrive hva avsnittet eller utsagnet faktisk sier, og at koden ikke skal kunne være laget på forhånd. Totalt ble det opprettet 603 unike koder i kodearbeidet. All koding ble foretatt i programmet nVivo for å holde oversikt over kodene, samt for å skape en systematisk og etterprøvable knytning mellom koder og utsagn fra intervjuene.

Vi hadde som forskere lite erfaring med kodearbeid fra tidligere og det foregikk derfor en læringsprosess underveis. Forskerne kodet seks intervjuer hver, og for å hindre tap av informasjon og sikre en uniform koding mellom forskerne og intervjuene, ble alle intervjuene gjennomgått av begge forskerne på nytt etter at kodeprosessen var ferdig. Det forekom da noen endringer og justeringer i kodingen, spesielt i de første intervjuene med tanke på gode empirinære koder.

Kodegrupper

Kodene ble så kategorisert i kodegrupper, også dette med en induktiv tilnærming som beskrevet i SDI-metoden. For å verifisere en god definerings av kodegrupper viser Tjora (2021) til grupperingstesten. Den sjekker om hver gruppe har en god innbyrdes konsistens, og en avgrenset tematikk. Under grupperingen forekom det synlige mønstre og konvergens i datamaterialet som kodegruppene ble sortert etter. Det ble identifisert 16 kodegrupper, som vist i Tabell 4, hvorav en restgruppe som inneholdt koder som ikke er relevante for tematikken. Restgruppa inneholdt 68 koder og utelot dermed en del av materialet som ikke var relevant.

Tabell 4: Kodegrupper og hovedgrupper

Kodegrupper	Hovedgrupper
Beslutningsprosesser	Rasjonalitet
Beslutningsforum	Rasjonalitet
Beslutningsrammeverk	Rasjonalitet
Samhandling	Samhandling
Koordinering	Samhandling
Ekstern samhandling	Samhandling
Tilgjengelig og oppdatert informasjon	Informasjon
Detaljering	Informasjon
Visualisering	Visualisering
Felles forståelse	Visualisering
Oversikt over alternativer	Visualisering
Utarbeidelse av alternativer	Visualisering
Modning og fremdrift	Modning
Teknisk kompetanse & teknologi	-
Prosjekteringsprosessen	-
Kommunikasjon	-

Hovedgrupper og konseptutvikling

Etter kodegrupperingen startet et analytisk arbeid som også tok teoretiske betraktninger og innspill til følge. Ved å basere hovedgruppering og konseptutvikling på de teoretiske antagelsene som ledet til studien og forskerspørsmålene antas det at funnene får en større relevans opp mot teorien. Denne prosessen ligger tett opp til det abduktive, hvor det foretas kvalifiserte gjetninger med teoretiske innspill (Tjora, 2021). I prosessen har vi også støttet oss til Yin (2018), som beskriver mønster-matching for å analysere empiriske mønstre opp mot teoretiske mønstre.

De 16 kodegruppene fremstod som tematisk for smale, samtidig som Tjora (2021) viser til at studier bør ha 3-5 hovedtemaer som basis for videre analytisk arbeid. Kodegruppene ble derfor kategorisert i 5 hovedgrupper. I kategoriseringen av hovedgrupper spilte studiens teoretiske bakgrunn inn på hvordan hovedgruppene ble definert. Det ble eksperimentert med flere ulike hovedgrupper da flere av kodene potensielt kunne grupperes forskjellig. 3 av de 16 kodegruppene ble ekskludert da de hadde et lite antall koder og det ikke ble ansett å være sentrale temaer for forskerspørsmålene og tematikken. De tre hovedtemaene som ble ekskludert var teknisk kompetanse & teknologi, prosjekteringsprosessen og kommunikasjon. Analysen stod da igjen med 5 hovedgrupper eller faktorer som danner essensen av studiens funn.

Konseptualiseringen i studien er nært knyttet til generaliserbarhet, og hvorvidt funnene kan brukes til å forklare lignende modellbaserte beslutningsprosesser også i andre prosjekter og bransjer. Studiens bidrag til teorien oppsummeres i den empiriske modellen illustrert i kapittel 0, ved at den bekrefter, justerer og konkretiserer teorien.

Dataprogrammer i analyse

Bruk av nVivo for koding og gruppering sørget for etterprøvnbarhet i analysen, og at de deduktive testene i SDI-modellen hele tiden var enkle å gjennomføre. Vi kunne ved behov enkelt klikke oss inn i kodegrupper og koder, for deretter å lese det aktuelle kildematerialet. Intervjuene ble også transkribert med tidsangivelser i teksten for å gjøre det enkelt å dobbeltsjekke om informantenes meninger og utsagn faktisk stemmer overens med kodingen, grupperingen og hovedtemaene.

nVivo muliggjør også en kobling og sortering av datamateriale basert på informantenes roller og posisjoner. Det ble gjort en sammenstilling som viser hva informantene var opptatt av ved å sortere på antall koder innenfor en viss kategori. En kvantitativ tilnærming til en slik måte å analysere på kan ikke i seg selv gi pålitelig informasjon, men sett i lys av forskernes oppfatning av informantene og analysen kan det bidra til å kaste lys over eventuelle forskjeller med hensyn på roller og posisjoner. Funn relatert til ulike roller presenteres i resultatkapittelet.

Rivaliserende meninger

Yin (2018) viser til at det i kvalitative studier er viktig å beskrive på en systematisk og eksplisitt måte hvordan rivaliserende meninger er behandlet. Under intervjuene, transkriberingen og kodingen av intervjuene fremkom det flere rivaliserende utsagn, og disse ble behandlet med inspirasjon fra Yin (2018) som stiller tre kriterier for hva som bør vurderes ved rivaliserende meninger.

- Har analysen identifisert sentrale og relevante rivaliserende meninger?
- Har analysen behandlet datamaterialet så objektivt som mulig med hensyn på rivaliserende meninger, og ikke gått i retning av å tilsidesette rivaler?
- Er de identifiserte rivalene blitt utelukket på en systematisk måte?

Rivaliserende meninger ble notert og undersøkt for å sjekke hvorvidt det faktisk var rivaliserende meninger. Deretter ble relevansen av de rivaliserende synspunktene vurdert opp mot hvorvidt de var sentrale for forskerspørsmålene. Det ble identifisert rivaliserende meninger angående nytten av en høy detaljeringsgrad i BIM-modellen. Dette omtales i resultat og diskusjonskapittelet. Ellers ble det ikke identifisert andre rivaliserende meninger som anses som relevante for studien.

3.8 Studiens kvalitet

For å vurdere studiens kvalitet, og hvordan analysen bidrar til å skape ny kunnskap diskuteres pålitelighet, gyldighet og generaliserbarhet. Dette er innarbeidede kriterier i både kvalitativ og kvantitativ forskning som egner seg godt også for denne studien (Tjora, 2018).

Pålitelighet

Pålitelighet eller reliabilitet handler om hvorvidt studiens forskningsdesign har en logisk sammenheng og hvordan data er analysert, tolket og brukt i studien. Forskerne har benyttet SDI-metoden gjennom hele forskningsprosessen, noe som ifølge Tjora (2021) styrker studiens pålitelighet ved at forskningsprosessen blir transparent, da hvert steg i prosessen er definert, avgrenset og beskrevet.

Ved å gjennomføre en litteraturstudie ble utarbeidelsen av forskerspørsmålene og datainnsamlingen forankret i teori, noe som ifølge Yin (2018) styrker studiens pålitelighet. Litteraturstudien kan også ha skapt forutinntattheter hos forskerne, men samtidig ses litteraturstudien på som nødvendig for å kunne samle inn mest mulig relevante data. I forskning er det et ideal om objektivitet, men Tjora (2021) viser til at kvalitative studier ikke kan oppnå et slikt ideal da forskning alltid vil avhenge av forskernes engasjement, forståelse og ståsted.

Ved å arbeide induktivt med datamaterialet fra rådata til empirinære koder, kodegrupper og faktorer unngås det at studien blir teoristyrkt og dokumentasjonsdrevet. En induktiv koding med et stort antall empirinære koder styrker objektiviteten i analysearbeidet, og bidrar samtidig til at funnene ligger tett opp mot empirien. Bruk av direkte sitater i resultatkapittelet kan styrke funnernes og studiens pålitelighet, men gjør den samtidig sårbar for feiltolkninger og uhensiktsmessig utvelgelse av enkeltsitater. Samtidig er sitatene som er brukt i resultatkapittelet fremkommet gjennom en induktiv analyse og kodegruppering. Utvelgelse av sitater vil alltid

være subjektivt, men ved at sitatene støtter studiens funn av faktorer styrkes påliteligheten. Det ble også gjennomført en sitatsjekk av alle sitatene som er brukt i oppgaven, noe som styrker påliteligheten. Det at analysen ble utført i nVivo styrker også påliteligheten ved at analysearbeidet er enkelt sporbart helt tilbake til rådatamaterialet. Ved å forankre tolkningsarbeidet og konseptutviklingen i teorien styrkes påliteligheten ytterligere fordi konseptene ikke utvikles på egen hånd, men ses i lys av allerede eksisterende teori (Tjora, 2021).

En grundig beskrivelse av studiens kontekst som tar for seg de ulike aktørenes roller og interesser, samt klarlegger prosjektets status og historikk kan styrke påliteligheten i studien ved at leseren lettere forstår hvordan funnene relaterer til studiens avgrensning og kontekst (Johannessen et al., 2016). Som argumentert for i kapittel 3.2 kan vår tidligere kjennskap til Nye Veier og informantene ha virket inn på en distraherende måte og skapt foruttatttheter i arbeidet, men samtidig er den tidligere kjennskapen primært ansett å være positiv sett i lys av formålet med casestudier.

Gyldighet

Gyldighet eller intern validitet i kvalitative studier omhandler hvorvidt studiens innsamlede data faktisk representerer virkeligheten og de faktiske forhold. Det handler om hvorvidt det er valgt relevante parametere for innsamling av data, og om datainnsamlingsmetoden er en egnet metode for studiens formål (Johannessen et al., 2016).

Ettersom studiens tematikk var lite studert tidligere kan SDI-metoden ses på som spesielt hensiktsmessig med sin induktive analyse, og abduktive konseptutvikling. Som tidligere nevnt hadde en av forskerne tidligere kjennskap til Nye Veier og E39-prosjektet, og har på den måten en styrket forståelse for studiens kontekst. Det anses å ha bidratt til en økt relevans på informantutvalget. Rekruttering av relevante informanter anses viktig for å samle inn informasjon som best mulig svarer på studiens problemstilling, og samtidig avbilder hvordan BIM faktisk brukes i beslutningsprosesser og prosjektering. På den måten styrker den tidligere kjennskapen gyldigheten i studien.

Yin (2018) viser til at triangulering av datamaterialet kan styrke studiens gyldighet. Det ble gjennomført intervjuer med informanter fra alle aktørene, og med ulike roller og stillinger, noe som styrker studiens gyldighet. Det ble også gjennomført et mindre dokumentstudie fra

grauthellerprosessen for å styrke forståelsen av prosjekteringsprosessene. Det kunne med fordel vært gjennomført observasjoner av prosjekteringsmøter og et bredere dokumentstudie, men masteroppgavens omfang, samt at det ikke foregikk relevante prosjekteringsmøter i tidsrommet for oppgaven, tillot ikke dette. Selv om observasjon kunne gitt ny forståelse og innsikt, anses det at et større dokumentstudie hadde vært mindre nyttig da hvordan BIM brukes i prosjekteringsmøter vanligvis ikke beskrives i møtereferater og lignende.

Innenfor studiens tematikk antas også studien å bidra til refleksjon på et høyere nivå, noe som styrker studiens gyldighet (Tjora, 2021). Funnene i studien spisser og modifierer teorien i et empirisk rammeverk, og bidrar på den måten til refleksjon ved å stadfeste, men også utvikle teorien. Likhetene mellom teorien og funnene i studien indikerer ifølge Yin (2018) en styrket gyldighet.

Generaliserbarhet

Den tradisjonelle forståelsen av en kvalitativ undersøkelse er at den ikke kan generaliseres til en større populasjon eller annen kontekst, og at den har begrenset generaliserbarhet. Johannessen et al. (2016) og Yin (2018) viser til at kvalitative studier kan generaliseres analytisk, noe som i stor grad ligner på konseptualisering i SDI-metoden (Tjora, 2018). Det handler om hvorvidt studien etablerer begreper, fortolkninger, forklaringer eller beskrivelser som er nyttige utover de studerte enhetene. SDI-metoden har bidratt til en transparent forskningsprosess, og viser tydelig hvordan studiens funn justerer det teoretiske rammeverket. På den måten gir studien et verdifullt bidrag inn til teorien. Ved at funnene systematiseres i et empirisk rammeverk basert på teori fremheves konseptet som er utviklet, og modellen antas som et godt utgangspunkt for å undersøke andre prosjekter i lignende empiriske kontekster.

Refleksjoner rundt forskernes ståsted

Det er gjennom forskningsprosessen forsøkt å opptre så objektivt som mulig. Samtidig er forskernes tolkninger og forståelse preget av både studieretning, tidligere erfaringer og teoretiske tilnærminger. Vi preges også av en positiv innstilling til bruk av ny teknologi, og slik sett kan det være vanskeligere å identifisere utfordringer enn fordeler med BIM. Forskerne har også lite erfaring med arbeid uten bruk av BIM, og på den måten kan det synes vanskeligere for forskerne å forstå utviklingen og utfordringene ved bruk av digitale verktøy som BIM-modeller. Ved å induktivt tilnærme seg forskningen gjennom SDI-metoden, reduseres påvirkningen så godt som mulig fra omgivelser, tidligere erfaringer og ståsted.

3.9 Etiske betraktninger

I alle studier som gjennomføres må det gjøres etiske vurderinger og betraktninger. Johannessen et al. (2016) viser til i hovedsak tre hensyn som bør vurderes; respekt for informantens privatliv og bruk av informasjon, at informantene ikke utsettes for unødig skade eller belastning, samt informantens rett til frivillig deltagelse.

Intervjuene samlet inn informasjon om informantenes stilling og rolle. Dette er ikke offentlig tilgjengelig informasjon for de fleste av informantene, men anses heller ikke som spesielt sensitivt. Bruk av videoopptak for å dokumentere intervjuene er en etisk avveining ettersom videoopptak er mer sensitivt enn lydopptak. Videofiler kan i mindre grad anonymisere informanten, noe som spilte inn på at det ble valgt bort.

Informantene i studien ble alle kontaktet via telefon, hvor det ble forespurt om informanten ønsket å delta i studien. Det ble informert muntlig om hva deltagelse innebærer i form av et anonymt intervju med lydopptak, samt tilsendt et informasjonsskriv basert på NSDs mal som beskriver databehandlingen i prosjektet. Navn på informantene, lydfiler og transkripsjonsfiler ble lagret på en sikker server i regi av UiA, og slettet etter endt prosjekt. For å sikre ikke-identifiserbare data er navnene på informantene lagret i en separat fil fra lydopptaket og transkripsjonen. Tiltakene er i tråd med råd fra NSD, og anses som tilstrekkelige.

For å få grundig og rik informasjon, både positivt og negativt ble det tidvis spurt oppfølgende og grundig i intervjuene. For at ikke informantene skulle oppleve det ubehagelig, samt at det samtidig skulle være klart at informanten hele tiden hadde mulighet for å trekke seg eller ikke svare på spørsmålet, ble det i starten av intervjuene informert om denne måten å stille spørsmål på. Ved å også generelt stille åpne spørsmål med respekt har forskerne prøvd så godt som mulig å unngå unødig belastning og skade på informantene. Det ble i intervjuet opplyst om at forskerne i etterkant ville komme tilbake for en sitatsjekk av aktuelle sitater. Ved å informere om dette antas det at informantene fikk tillit til at informasjonen ble behandlet med gjensidig respekt og konfidensielt. Sitater i studien er presentert som semi-anonyme. Informanter refereres til ved deres rolle eller arbeidsgiver, og ikke via navn. Yin (2018) viser til både fordeler og ulemper ved anonymisering. Det antas at en tilnærming som valgt i studien gjør at informantene enklere deler informasjon, samtidig som sitatene fremstår ekte og opprettholder en nødvendig referering til informantens rolle.

4 Introduksjon til caset

Denne studien er avgrenset til å omhandle utbyggingen av prosjektet E39 Kristiansand – Mandal Øst, en strekning på 19 kilometer med en kontraktsverdi på 4,7 milliarder. Byggestart for strekningen fant sted i oktober 2018, og veien er planlagt ferdigstilt i november 2022. Bakgrunnen for at strekningen bygges ut er at dagens vei har for lav standard med hensyn på trafiksikkerhet, kapasitet og trafikkavvikling. Videre er det mange trafikkulykker på strekningen, og fremkommeligheten på vinterstid er dårlig, spesielt for tungtrafikk. Utbyggingen har samtidig som formål å knytte sammen områdene langs strekningen ved å korte ned reisetiden mellom Kristiansand, Mandal og Søgne (AF Gruppen, u.å.; Nye Veier, u.å.-a). Figur 10 viser en oversikt over strekningen.

Strekningen strekker seg over de tidligere kommunene Kristiansand-, Songdalen -, Søgne- og Mandal kommune. Statens Vegvesen startet planarbeidet for strekningen tilbake i 2015. Detaljreguleringsplanene som avklarer blant annet overordnet trase, broer, tunneler, tilførselsveier og kollektivtiltak ble vedtatt i 2017 (Nye Veier, 2017).



Figur 10: Oversikt over strekningen (Nye Veier, u.å.-a)

Aktørenes roller

Prosjektet utføres som en totalentreprise på vegne av Nye Veier med AF gruppen som totalentreprenør. AF har videre engasjert Norconsult AS som rådgivende samarbeidspartner for å prosjektere det tekniske underlaget og planlegge utbyggingen av strekningen. De involverte aktørene i prosjektet har ulike roller, ansvarsområder og interesser.

Nye Veier er et statlig eid aksjeselskap under Samferdselsetaten, opprettet i 2016 for å bygge raskere og billigere vei i Norge. De har som mål å være en slank og effektiv byggherreorganisasjon som skal utfordre etablert metodikk, og ta i bruk nye løsninger,

materialvalg og prosjektmetoder. Som selskap er de gitt en finansiell ramme fra staten, men prioriterer selv hvilke strekninger som skal bygges når. Nye Veier har vært foregående i å bruke nye kontraktsformer og ny teknologi for å effektivisere veibyggingen i Norge (Nye Veier, u.å.-b). Som oppdragsgiver i prosjektet omhandler Nye Veiers rolle i hovedsak å verifisere og følge opp totalentreprenøren, men de har også ansvar for kommunikasjon mot eksterne parter, som veidirektoratet og myndigheter. I kontrakten for prosjektet har Nye Veier laget en funksjonsbeskrivelse for veistrekningen, og det er entreprenørens ansvar og frihet å planlegge og bygge veien innenfor og i henhold til kontrakten.

AF gruppen er et stort konsern med ca. 5500 ansatte i fire land, og en omsetning i 2020 på over 27 milliarder. De opererer i flere ulike bransjer, deriblant, bygg, anlegg, eiendom, energi, miljø og offshore (AF Gruppen, u.å.). AF Gruppen har totalansvar for utbyggingen av strekningen, og de fokuserer i hovedsak på byggbarhet, fremdrift og kostnader. Norconsult er Norge største tverrfaglige rådgiver med ca. 4600 ansatte, og opererer innen mange fagfelt, deriblant samferdsel, bygg og eiendom, energi, vann og avløp, industri, olje og gass, etc. De omsetter for nærmere 6,3 milliarder og har lang erfaring med prosjektering av samferdselsprosjekter (Norconsult, u.å.).

Prosjekteringsfasen

Prosjektet drives frem ved at prosjektering og bygging skjer tilnærmet samtidig, og prosjekteringen kan i praksis foregå frem til to uker før bygging for å korte ned byggetiden så mye som mulig. I prosjekteringen gjøres mange tverrfaglige koordineringer og tilpasninger i løsningsutviklingen, og en overvekt av beslutninger foregår hos rådgivende. Beslutningsprosesser av større betydning involverer ofte både byggherre, entreprenør og rådgivende, selv om det er AF gruppen som har totalansvaret og tar de endelige beslutningene. Både mindre og større beslutninger kan ha stor påvirkning på prosjektets kostnader, fremdrift og kvalitet og kan derfor være av stor betydning for alle parter.

5 Resultater

Kapittelet presenterer studiens funn av faktorer i lys av forskerspørsmålene. På bakgrunn av analysen er det identifisert fem hovedfaktorer. *Informasjon*, *rasjonalitet* og *samhandling* er faktorer som bekreftes av teorien. Gjennom analysen er det kommet frem at faktoren kommunikasjon er for vid og åpen, og snarere bør omtales som *visualisering*. *Modning* inngikk i teorien under faktoren informasjon, men analysen fant at modning bør inngå som en separat faktor fordi det var et gjengående fokusområde. Tabell 5 viser studiens empiriske funn av faktorer sett opp mot faktorene i det teoretiske rammeverket.

Tabell 5: Studiens funn av faktorer

Teoretisk rammeverk	Empiriske funn
Rasjonalitet	Rasjonalitet
Samhandling	Samhandling
Informasjon	Informasjon
Kommunikasjon	Visualisering
	Modning

5.1 Rasjonalitet

Ulike beslutningsprosesser

Funnene i oppgaven indikerer at hvordan beslutningsprosesser gjennomføres i praksis er situasjonsbettinget.

«Noe er enkelt og noe er komplisert, og det krever gjerne litt forskjellige løsningsutviklings- og beslutningsprosesser.»

- Informant NC

Det identifiseres fire hovedkategorier av beslutningsprosesser som kjennetegnes av ulik struktur og tilnærming, presentert i Tabell 6. De formelle beslutningspunktene og sjekkpunktene er mindre relevante for studien da de ikke er sentrale i prosjekteringen. ICE-sesjoner er tverrfaglig koordinerte sesjoner som gjennomføres jevnlig i prosjekteringsfasen, men også sesjoner med formål å definere arbeidspakker med beslutninger og fag. Koordineringsmøter er delvis organiserte og formaliserte, og omhandler vanligvis avstemming av fremdrift eller håndtering av andre problemstillinger. Uplanlagte beslutningsprosesser er møter uten definert struktur, mål og dokumentering.

Tabell 6: Oversikt over beslutningsprosesser

Type beslutningsprosess	Kjennetegn	Metodikk og tilnærming
Formelle beslutningspunkt og sjekkpunkt. BP 1-6, S 1-6	Beslutningspunkter og sjekkpunkter i Nye Veiers eierstyringsmodell	Predefinerte kriterier og krav for å passere sjekkpunkter og ta beslutninger
ICE møter – Tverrfaglig og fremdriftsplanlegging	Strukturerte møter med forhåndsdefinerte mål	Håndbokregler, lovverk, faghierarki, tilpasning, kompromisser, utarbeidelse av arbeidspakker og leveranser
Koordineringsmøter	Delvis formaliserte møter	Status på fremdrift, prøving og feiling
Uplanlagte/ Ikke-formaliserte	Møter som oppstår pga. problemer, men som ikke formaliseres. Skaper fremdrift i prosjektet.	I stor grad basert på erfaring og tilpasning.

ICE-sesjoner

ICE-sesjoner blir ifølge informanter hyppig brukt som beslutningsarena. Møtene foregår i en strukturert form ved at man forhåndsdefinerer målet med møtet, hvilke personer som trengs i beslutningsprosessen, og hvem som skal ta beslutningen. Fra møtene dokumenteres beslutningsprosessen med referater og historikk, noe som trekkes frem som viktig. I forkant av ICE-møtene er det vanligvis utarbeidet beslutningsunderlag for å kunne ta beslutninger direkte i møtet. Modellene er i stor grad brukt i møtet til diskusjon, visualisering av løsninger og beslutningstaking.

«Det er mange fagmøter der man benytter seg av modellen til beslutningstaking»

- Informant NC

Bruk av beslutningsverktøy i ICE-sesjonene nevnes ikke av informantene, og inputen av data og hvordan man vektet alternativer er i stor grad erfaringsbasert. Det opplyses fra flere av informantene at man klarer å ta flere beslutninger i løpet av møter ved hjelp av BIM, sammenlignet med tradisjonelle tegninger.

Det har foregått en separat prosess rundt utviklingen av Grauthellerkrysset, som en tilleggsbestilling til prosjektet. I denne prosessen har NV vært mer involvert i beslutningsprosessene enn normalt, og i mer eller mindre grad styrt prosessen. Et par informanter forklarte at Grauthellerprosessen innebar mer organiserte og strukturerte ICE sesjoner enn vanlig. Bruk av beslutningsverktøy og vektning av alternativer etter kriterier som HMS, byggekostnader, fremkommelighet, driftskostnader, miljø og bærekraft, anleggsgjennomføring, rammebetingelser og kvalitet var styrende. Flere informanter trekker frem at det å identifisere og kvantifisere konsekvenser er det viktigste momentet i beslutninger. Fra Grauthellerprosessen kommer det også frem at automatisering av prosesser i BIM kan gjøre det lettere å benytte beslutningsverktøy som inneholder kriteriebruk og måltall, da det er lettere å sortere og hente ut den relevante infoen.

Koordineringsmøter og ikke-formaliserte møter

Det kommer frem at en stor andel av beslutningene i prosjektet er uplanlagte og uformelle beslutningsprosesser som ikke styres av kriterier og måltall, men baseres i stor grad på erfaring. Ifølge informanter er det umulig å planlegge for alle utfordringer på forhånd, da kompleksiteten i prosjektet fremprovoserer problemer som må håndteres ettersom de dukker opp. Det vises også til at det i mange tilfeller vil være upraktisk eller umulig å gjøre alle beslutningsprosesser strukturerte på grunn av den store mengden beslutninger.

Det fremheves at det ofte er uformelle og uplanlagte beslutninger som får fremdrift i prosjektet og at det ikke hadde vært mulig å gjennomføre prosjektet uten disse beslutningene. Uformelle beslutninger kan bidra til å unngå byråkratiske stopp i prosjekteringen. Flere av informantene trekker frem at for mange beslutninger tas på bakgrunn av erfaring hos entreprenøren, og det er ønskelig med mer formaliserte og rasjonelle beslutninger.

«Det er nok veldig mye beslutninger som tas på bakgrunn av erfaring eller det man ville kalt magefølelse, som egentlig burde være en uting innenfor ingeniørfag»

- Informant AF

Etterprøvbarhet

Beslutningspunkter er i enkelte tilfeller integrert i BIM-modellene, og det handler om å knytte sakshåndtering, oppgaveoppfølging og dokumentasjon av beslutninger inn i modellen slik at informasjonen blir lettere tilgjengelig for alle i prosjektet. Ifølge en av informantene er de sjelden så avanserte, og baserer seg fortsatt mye på mer manuelle verktøy som Word og Excel. For å håndtere oppfølgingsoppgaver i prosjekteringen brukes også et separat program, uten at dette er direkte knyttet opp mot BIM. Det er vanlig å dokumentere oppfølging av oppgaver med utsnitt fra BIM-modeller eller bilder for å tydeliggjøre hva som må gjøres.

Konsensus

Et funn er at problemstillinger håndteres ulikt avhengig av om de er enfaglige eller tverrfaglige. I tverrfaglige problemstillinger søkes det oftest konsensus om løsninger. En løsning som er innenfor regelverket og god nok for de involverte fagområdene vil som regel anses som akseptabel, og man ender ofte opp på middelløsninger som alle kan godta. Det vises til at BIM er hovedverktøyet som brukes for å komme frem til konsensus om løsning. Det har ikke kommet fram fra informantene at det er vanskelig å komme fram til løsninger som fungerer for alle fagfelt, dette er heller sjeldent.

«Hvis vi oppfatter at vi har forskjellig oppfatning av løsning så finner vi middelløsning»

- Informant NV

I enfaglige problemstillinger søkes også konsensus, men man har et tydeligere hierarki med disiplinleder som endelig beslutningstaker. Det nevnes videre at man holder seg unna andre fags løsninger så lenge det ikke angår andre disiplinområder.

«Er det en beslutning innad i ett fag, så er det den disiplinlederen som har ansvaret for å ta en beslutning så lenge det ikke er noe som har en tverrfaglig konsekvens.»

- Informant AF

Andre trekker frem at uenigheter om løsningsvalg kan skyldes manglende informasjonsgrunnlag, og at en da skyver på beslutningene for å få fram mer fakta først. I enfaglige problemstillinger er ikke konsensus like viktig, da det finnes et mer faglig hierarki

med disiplinleder som hovedbeslutningstaker. I enkelte situasjoner forekommer det at lederen tar en beslutning på egenhånd, uten at man nødvendigvis har diskutert seg frem til konsensus.

Roller

Det er forskjeller mellom hva som er viktig for de ulike aktørene i beslutningsprosesser. For NV som byggherre er det viktig å forstå hva entreprenøren har designet. Det blir derfor gjort jevnlig designgjennomgang av BIM-modeller for at byggherren skal bli oppdatert og få forståelse for løsningsvalgene som er gjort. Det ble trukket fram at man forsøker å ikke blande inn kommersielle temaer i fagspørsmål da dette kan ødelegge stemningen. For entreprenøren sin del trekkes det frem at økonomi, framdrift og byggherret er særlig viktige parametere i alle beslutningsprosessene. Det kontraktmessige forholdet mellom byggherren og utbygger medfører i noen tilfeller divergerende interesser, uten at det løftes frem som noen stor utfordring.

5.2 Samhandling

Prosjekteringsrekkefølge

Prosjekteringen styres ved hjelp av MMI-nivåer, som en måte å samkjøre utviklingen mellom fagene. Mellom de definerte modningsnivåene foregår det en iterativ samhandlingsprosess på tvers av fagene med dialog og innspill for å tilpasse og korrigere løsninger. I denne prosessen er prosjekteringsrekkefølgen organisert etter byggerekkefølge. Veifaget og konstruksjon har blitt trukket frem som spesielt førende for løsningsvalg, og det er vanlig at disse fagdisiplinene har førsteprioritet i designprosessen. De andre fagfeltene som vann- og avløp, skilt og lys, ytre miljø, etc. får tildelt prosjekteringsrekkefølge basert på situasjoner og omstendigheter. Om det for eksempel vurderes at vann- og avløp er spesielt kritisk for et område ville dette fagfeltet fått forhøyet prioritet.

«Vi har et hierarki når det gjelder fag i prosjektering og bygging. Vei er fag nummer 1, alle er avhengige av veien (...) nummer 2 kommer konstruksjoner, konstruksjoner kan du ikke bare lempe på som du vil»

- Informant NC

Elektro trekkes fram som en komplimenterende fagdisiplin som nesten alltid er sist ut i prosjekteringsrekkefølgen. Det nevnes at det ikke ville vært nyttig å slippe til tidligere, da dette

kunne komplisere løsningene for andre fag. Det trekkes også frem fra tidligere prosjekter at tidlig prosjektering av elektro samtidig med andre fag har skapt problemer på grunn av flere fagkollisjoner.

Koordinering

Bruk av BIM-modeller i prosjektering gjør det fleksibelt å utføre endringer og tilpasninger underveis i designprosessen. Det er tydelig fra intervjuene at koordinering av fagfelt er viktig i prosjekteringen, og dette har sammenheng med prosjektets kompleksitet og mange avhengigheter som medfører et stort behov for tilpasninger mellom fag. Videre kommer det frem fra intervjuene at alle fagene har fagspesifikke regelverk og normer å holde seg innenfor, og elektro har blitt trukket fram som en særlig rigid fagdisiplin ved at det er mindre rom i regelverket for løsningsvalg. Parametrisk modellering er litt brukt i prosjektet, men har blitt fremhevet som et potensiale i fremtiden for å enklere kunne designe innenfor regelverk og normer.

Et relatert funn er at en fortløpende oppdatering av BIM-modellen reduserer antall konflikter i tverrfaglige kontroller, og man opplever at entreprenør og byggherre blir bedre koordinert. Det fremkommer nyttig å se de andre fagenes arbeid og prosesser kontinuerlig i BIM-modellen, fordi dette hjelper å koordinere egne fagløsninger inn i arbeidsgrunnlaget. Dersom det oppstår behov for omprosjektering av en løsning er det oftest faget med minst konsekvenser som må tilpasse seg. BIM har vist seg å være nyttig i håndteringen av grensesnitt mellom fagfelt, og på spørsmål om hvordan BIM påvirker koordineringen av ulike fagfelt får vi dette svaret:

«Lettere å gjøre grensesnittkontroller, lettere å håndtere grensesnitt. Det er mer intuitivt enn tegningsbasert. Lettere å se kollisjoner i 3D enn i 2D for å si det sånn.»

- Informant NC

Ekstern samhandling

BIM har gitt en bedre samhandling mellom NV, AF og NC. Det at informasjon er tilgjengelig gjennom innsynsløsningen for alle parter har gjort det enklere å kontrollere og følge opp designet på tvers av organisasjonene. Eksterne leverandører har også brukt BIM-modellen for å kontrollere prosjekterte løsninger opp mot byggherrens forskrifter. Det trekkes frem at når flere får tilgang til BIM-modellen trigges diskusjon av løsninger som leder til forbedringer og

korreksjoner i designet. Det å arbeide i BIM-modell har vært en lærings- og tilpasningsprosess både blant prosjekterende, entreprenør og byggherre.

*«Det var en liten overgang, men det har gått veldig fint.
Men det tok noen måneder før vi ble vant til å jobbe på den måten da.»*

- Informant NC

Universal prosjektering

Universal prosjektering nevnes som viktig for å kunne sammenligne løsninger og få et unisont arbeidsgrunnlag. Ved å ha en felles og standardisert arbeidsmetode legges det til rette for en lik oppfattelse av arbeidsgrunnlaget. Et universalt arbeidsgrunnlag nevnes som spesielt viktig inn mot utførelse- og byggefasen hvor det er veldig mange ulike aktører involvert.

5.3 Informasjon

Detaljering

Prosjektet E39 Kristiansand – Mandal har hatt de mest ambisiøse kravene til bruk av BIM og modellering noensinne hos Nye Veier, og det har underveis i prosjektet foregått en utvikling av tekniske løsninger for å håndtere de store informasjonsmengdene, og kravene til innsyn.

Det er fra informanter litt ulike meninger rundt hvorvidt det høye detaljnivået i BIM-modellene kommer til bruk og nytte. Flere informanter viser til at den nøyaktige detaljeringen i modellene er nyttig for å forstå komplekse løsninger og grensesnittet mot andre fagfelt, samt at det har økt kvaliteten på underlaget. En høy detaljering har også gitt gevinster ved at feil oppdages tidligere i modellen, istedenfor i byggefasen hvor kostnadene for oppretting hadde vært større. Det er også noen informanter som stiller spørsmål til om detaljnivået i noen tilfeller er for høyt og medfører et for stort tidsbruk, sett opp mot nytten. Andre informanter viser igjen til at prosjektet har vært et pionerprosjekt og bidrar til faglig utvikling med sitt høye detaljnivå, selv om ikke all detaljeringen nødvendigvis kommer til nytte i prosjektet. Det fremheves at detaljnivået i dagens modeller primært kommer til nytte i prosjekteringen og i byggefasen, men flere informanter nevner også andre arenaer som drift og vedlikehold som spennende arenaer for bruk av BIM-modeller.

«BIM endrer tidsforbruket i planlegging, men det endrer også mertidsforbruk hos rådgiver (...). Og så må de veies opp mot hverandre da, hva er bra hva er dårlig.»

- Informant NC

Utviklingen av modellene har krevd mye tid og kostnader, og noen informanter trekker frem at gevinstene sannsynligvis blir tydeligere i kommende prosjekter når de har løsninger og systemer som kan gjenbrukes.

«Så jeg tror kanskje de beste erfaringene blir høstet fra det neste prosjektet.

(...) når man har en BIM-modell oppe å gå.»

- Informant NV

Visuell informasjon og metadata

Funn viser at informantene skiller mellom informasjon som egner seg for visualisering i BIM, og informasjon som ikke egner seg for visualisering. BIM-modellene håndterer enorme mengder informasjon i prosjektet og mange informanter viser til at metadatainformasjon som dokumentasjon, spesifikasjoner, etc. er mest nyttig for innkjøp og i byggefasen, men kan i noen tilfeller også gi økt forståelse for løsninger. Metadata brukes også i beslutningsprosesser, men dette gjelder primært for beslutningsprosesser innad i fagene, eller hvor det kreves svært detaljert informasjon for å ta beslutninger. Informasjon som egner seg for visualisering er geometri, størrelser, plassering, etc. Det trekkes frem at denne type informasjon egner seg godt for å øke forståelsen av løsninger og designet. Funn relatert til visuell informasjon beskrives nærmere i kapittel 5.4.

Noen informanter viser til at noen typer informasjon ikke egner seg så godt i 3D og BIM-modell, slik som for eksempel tverrsnitt, lengdeprofiler og veiprofiler. Dette er informasjon som fremstilles bedre tradisjonelt ved hjelp av 2D tegninger fordi det er vanskelig å sortere ut relevant informasjon og fordi BIM-modellene er dynamiske. Det er vanskelig å tilpasse og vende 3D-modeller så en får et oversiktlig og forståelig bilde. Det argumenteres med at en lengdeprofil representert i 2D med annotering av svinger, radius, konstruksjoner og fyllinger gir en raskere og enklere forståelse gjennom et 2D-snitt, enn i BIM-modeller. I enkelte fagfelt brukes BIM-modeller for å hente ut denne informasjonen og generere 2D-snitt.

Funn viser også at hvorvidt informasjon egner seg for 2D eller 3D representasjon avhenger av kompleksiteten på løsningen. BIM nevnes som et godt verktøy for å beskrive mer komplekse løsninger hvor det tidligere krevdes 3-4 ulike 2D-tegninger eller mer for å beskrive en løsning. Erfaringer tyder på at selv de mest erfarne prosjekterende ikke alltid klarer å håndtere og forestille seg hvordan løsninger ser ut i virkeligheten ved bruk av 2D-tegninger.

Tilgjengelig og oppdatert informasjon

Manglende eller utilstrekkelig informasjon i beslutningsprosesser har av informanter blitt tatt opp som årsak til iterering av beslutningsprosesser og det faktum at beslutninger må tas opp igjen på et senere tidspunkt. Innsynsløsningen er plattformen hvor mesteparten av relevant informasjon i prosjektet deles, og er integrert med BIM-sammenstillingsmodellen. Det trekkes frem at den kontinuerlige oppdateringen av sammenstillingsmodellen i innsynsløsningen har skapt en større tillit til at underlaget det prosjekteres på er siste versjon. Det å prosjektere i modell medfører at det kun finnes en kilde til informasjon, noe som kan redusere misforståelser, tid til å lete etter informasjon, samt usikkerheten i prosjekteringen.

«Prosjektene skal ikke trenge å lete på masse forskjellige steder for å finne frem til den informasjonen man trenger. Informasjonen skal være tilgjengelig i en eneste unik kilde.»

- Informant NV

«Det går mye kjappere å finne info og vise hva du mener»

- Informant NV

Innsynsmodellen ses også på som en effektiv måte å dele og strukturere informasjon i prosjektet mellom byggherre, entreprenør og rådgiver, og mellom ulike fagfelt. Informanter viser også til at prosjektering i BIM har medført at informasjonsflyten i prosjektet foregår mer direkte via innsynsløsningen. Dette har ført til kostnadsbesparelser fordi den tidligere tegningsadministrasjonen ikke lengre er nødvendig.

5.4 Visualisering

Felles Forståelse

Studiens funn viser at det å skape en felles forståelse for løsninger og fremdrift i beslutningsprosesser er sentralt. BIM-modeller eller utsnitt fra modeller brukes mye for å

kommunisere på tvers av fag og organisasjoner, og flere informanter viser til at den visuelle informasjonen er viktigst fordi den gir en rask og god forståelse for problemstillinger. Det skapes en felles forståelse for designet tidligere i prosjekteringsfasen, noe som fører til mindre feil i prosjekteringen og byggefasen fordi byggbarhet blir enklere å vurdere.

«BIM-modellen øker den komplette forståelsen for det du faktisk skal bygge, tidligere og hos flere.»

- Informant NC

Modellering av løsninger gjør det enklere å forstå konsekvenser og inngripen av løsninger i omgivelsene, eller mot andre fagfelt. Ved å modellere løsninger i BIM synliggjøres konsekvenser av alternativer og på den måten spiller BIM en viktig rolle i å forbedre beslutningsunderlaget i prosjekteringen. Det vises også til at en god felles forståelse kan redusere usikkerhet i beslutninger da problemstillinger håndteres på en mer riktig måte, samt føre til bedre og raskere beslutningsprosesser.

«Du reduserer jo usikkerheten vesentlig når du ser ting på riktig måte»

- Informant NV

«BIM er helt klart en forbedring i forhold til det å kunne dra raske beslutninger.

Raske, gode, og ikke minst riktige beslutninger.»

- Informant NC

Informanter viser til at modellen brukes aktivt som et utgangspunkt for å diskutere alternativer og løsninger i møter. BIM-modeller trigger diskusjoner av løsninger eller kollisjoner fordi visualiseringen synliggjør problematikk. Konsekvenser for andre fag og påvirkning mot ytre miljø eller tredjeparter blir raskt synlig i modell. Modellen brukes også i beslutningsprosessene, men det trekkes frem at den hovedsakelig benyttes i problemstillinger med geometriske konsekvenser og objekter.

«Så det er bare modell vi har brukt hele veien, sånn type teknisk verktøy for diskusjon av løsning og valg.»

- Informant NC

Fremdrift og opplæring

BIM-modeller brukes aktivt i møter for å planlegge og diskutere fremdrift i prosjektering og bygging. Visualisering av fagenes modning og rask identifisering av mulige kollisjoner gjør at statusgjennomganger og møter kan gjennomføres mer effektivt og fremdriften i prosjektet kan planlegges bedre.

Flere informanter peker på at de har spart mye tid på opplæring ved bruk av BIM-modeller, fordi modeller gir en rask forståelse for løsninger og arbeid. Det er en utfordring i store prosjekter at det er mange involverte, og spesielt når det kommer til byggefasen rapporteres det om at opplæring av et nytt arbeidslag ved bruk av visualisering i BIM-modell sparer mye tid.

Fallgruver

Det nevnes flere fallgruver ved bruk av visualisering og modell. Ettersom modellene har mye detaljert informasjon kan det ifølge noen informanter føre til at beslutningstakere henger seg opp i detaljer i modellen som ikke er relevante for det aktuelle beslutningspunktet. Videre kan bruk av modeller også gi inntrykk av at designet er mer ferdig enn det faktisk er, og føre til at løsninger tolkes feil, såkalt «sminking av grisen». Løsningen på dette kan være at prosjektmedarbeidere forankrer modellinnhold og modenhet sammen.

«Sminker du grisen, eller at du har BIM løsninger som er veldig flotte og fine vil det gi feil inntrykk og tolkes feil. Prosjektmedarbeiderne må i forkant forankre modellinnhold og modenhet sammen»

- Informant NC

5.5 Modning

Detaljering

Mange informanter trekker frem at styring av fagenes informasjonsdetaljering ved bruk av standardiserte MMI-nivåer har vært svært nyttig for koordinering av fremdrift. BIM fremstår som et godt egnet verktøy for å styre modning, og flere informanter viser til at bruk av modning ikke hadde vært mulig uten bruk av BIM. Ved å bruke modning til å spesifisere hvilken detaljering og informasjon som inngår i de ulike fagfeltene leveranser har en unngått omprosjektering, og i større grad klart å fange opp og fikse kollisjoner på et lavere nivå.

«Og det er ekstremt mye detaljer i et sånt grunnlag (...) sånn at jeg tror kanskje at en klarer å fange opp ting som kan fikses og rettes før det endelige grunnlaget er på plass»

- Informant AF

Det går også frem at modning er nyttig for å identifisere hvilken informasjon som trengs i beslutningsprosesser, og for å sikre at beslutninger ikke tas på et for umodent og usikkert grunnlag.

«Så det gjør at vi kan være i stand til å forsere beslutninger(...), men også at vi er klare over risikoen med å ta en beslutning for tidlig»

- Informant AF

Fremdrift

Prosjekteringen styres ved hjelp av MMI-nivåer, som betyr at når for eksempel veifaget har kommet til MMI 200 må de stoppe prosjekteringen frem til de andre fagene også når MMI 200. Ingen fag tillates å ligge for langt foran de andre i modenhetsnivå og detaljeringsnivå. På den måten foregår prosjekteringen stegvis, men innenfor hvert MMI-nivå prosjekteres det stort sett i en gitt faglig rekkefølge. Bruk av BIM-modeller nevnes som nyttig for koordinering ved at det blir lettere å vite når man skal gi klarsignal til andre fagfelt fordi fagenes fremdrift tydeliggjøres ved MMI-nivåer.

Det har av flere informanter blitt trukket frem at modning medfører forutsigbarhet for andre fag da hvert fags modning og fremdrift spesifiseres i BIM-modellen. Denne måten å samkjøre og koordinere fagene på reduserer drastisk usikkerheten i prosjekteringen som ellers kunne oppstått ved at et fag ligger langt foran de andre.

«Så har vi en sånn trinnvis løfting av de ulike parsellene og veipakkene til høyere og høyere modenhet, helt til det er klart som arbeidsgrunnlag (...) så kan man klikke opp og få informasjon om hvor langt de ulike delene er kommet i prosjekteringsarbeidet.»

- Informant NC

Modning har fremstått som et viktig konsept for å styre prosjektering og for å hindre misforståelser og misoppfatninger av underlaget. Det fremkommer også at det finnes noen

utfordringer knyttet til visualisering og modning. Visualiserte løsninger kan i enkelte tilfeller fremstå som om de har et høyere modningsnivå enn de egentlig har, og på den måten gi et litt misvisende bilde av virkeligheten. Utfordringen nevnes ikke som noe stort problem, men det var en læringsprosess å arbeide etter MMI og modning.

6 Diskusjon

I dette kapittelet vil resultatene fra kapittel fem diskuteres opp mot det teoretiske utgangspunktet og rammeverket. De fem identifiserte faktorene i analysen vil diskuteres hver for seg før de sammenstilles og presenteres i et empirisk rammeverk i slutten av kapittelet.

6.1 Rasjonalitet

ICE-sesjoner

Som vist i resultatene kommer det frem at de ulike beslutningsprosessene har ulik grad av struktur og rasjonalitet, noe som hovedsakelig skyldes ulik kompleksitet i problemstillinger. VDC som arbeidsmetodikk er mye brukt i prosjekteringen og ICE-sesjoner er et eksempel på et beslutningsforum hvor prosjektet håndterte kompleks og tverrfaglig problematikk. ICE-sesjonene ble gjennomført som strukturerte møter med forhåndsdefinerte beslutningstakere, tilstedeværelse av riktige personer, samt dokumentering av prosessen med referater og historikk. På den måten bidrar ICE-sesjoner til mer systematiserte og rasjonelle beslutningsprosesser (Stanovich & West, 2000).

I forkant av ICE-sesjoner utarbeides beslutningsgrunnlag i BIM for at beslutninger skal kunne tas direkte i møtet, noe som bidrar til mer gjennomtenkte og informerte beslutningsprosesser, i henhold til system 2 tilnærmingen. En rask forståelse av designet og oversikt over alternativer med tilhørende konsekvenser er betydelig forbedret med bruk av BIM. Selv om ICE-sesjonene har en strukturert form, er fortsatt inputen til beslutningsprosessene i stor grad erfaringsbasert. De fleste beslutningsprosessene i ICE-sesjonene bruker ikke beslutningsverktøy aktivt, og man baserer seg i stor grad på erfaringer. De fleste informantene ga inntrykk av å være fornøyde med strukturen og effektiviteten i ICE-sesjonene. Bruk av BIM i ICE-sesjoner har medført at beslutningsprosesser effektiviseres, og at et større antall beslutninger kan bli tatt direkte i møtet. Dette stemmer godt med teorien som viser at raske beslutninger er en viktig faktor i gode beslutningsprosesser (Justice & Jamieson, 2012).

I prosessen rundt Grauthellerkrysset ble det benyttet et multiattributt beslutningsverktøy med matematisk vektning av alternativer. Ulike løsninger ble først utarbeidet på skissenivå før de mest aktuelle løsningene ble modellert og detaljert i BIM. På den måten ble BIM brukt som en simulering av løsninger for å enklere se konsekvenser av ulike alternativer. Bruk av BIM i denne prosessen bedret tilgangen til ønskelig informasjon, og gjorde det lettere å sortere ut

relevante fakta og kriterier, som så ble brukt i et multiattributt beslutningsverktøy. Ifølge teorien kan bruk av beslutningsverktøy bidra til en mer rasjonell og organisert beslutningsprosess, i henhold til system 2.

Proessen rundt Grauthellerkrysset må trekkes frem som en unormal prosess i prosjektet, da NV som prosjekteier var mer involvert enn vanlig. NV var i denne prosessen en pådriver for at man benyttet beslutningsverktøy for å lande på den beste løsningen. Dette gir også mening sett i fra et interesseperspektiv der prosjekteier har størst insentiv til å lande en god og bærekraftig løsning (Ben-Haim, 2006). Det bør trekkes frem at beslutningene tilhørende denne prosessen var av betydelig størrelse og viktighet, og at det derfor var mer naturlig å basere seg på måltall fremfor kun magefølelse og erfaring.

Koordineringsmøter og ikke-formaliserte møter

Koordineringsmøter og ikke-formaliserte møter fremkommer som mindre strukturerte og innebærer beslutningsprosesser som i større grad er basert på erfaring, prøving og feiling. Det opplyses om at de fleste beslutningene som tas i prosjektet er ikke-formaliserte, og dette er sannsynligvis grunnen til at noen informanter mente det ble tatt for mange intuitive og erfaringsbaserte beslutninger. Både teorien og resultatene viser at slike intuitive beslutningsprosesser generelt anses dårligere, og man burde derfor se etter muligheter for å strukturere flere av disse beslutningene inn i for eksempel ICE sesjoner. Dette gjelder særlig i tilfeller av viktige og komplekse beslutninger. Det må samtidig nevnes at i et stort prosjekt finnes det veldig mange mindre og enklere beslutninger, og teorien viser til at det ikke alltid er hensiktsmessig å formalisere alle beslutninger (Stanovich & West, 2000).

Funn viser at de prosjekterende kan ta kjappere avgjørelser med BIM, uten at usikkerheten i beslutningene opplevdes å øke. Det grunner dels i at automatisering av designprosesser i BIM har ført til mindre behov for drøfting og omfattende beslutningsprosesser, men også at BIM gjør problemstillingene mer åpenbare og selvfølgelige. Sett i lys av teorien kan det tyde på at BIM styrker de intuitive og erfaringsbaserte beslutningsprosessene, i henhold til system 1. Resultatene viser videre at hvordan beslutninger håndteres er situasjonsavhengig. Fra informantene virker det som at det i de aller fleste beslutninger ikke er nødvendig med tyngre og systematiserte beslutningsprosesser for å få en god nok løsning, da BIM gir et tilstrekkelig klart bilde. Slik kan det argumenteres for at BIM ofte gjør intuitive beslutningsprosesser rasjonelle nok, og reduserer behovet for tidkrevende system 2 prosesser, noe som også støttes

av Stanovich & West (2000). Det kan også tenkes at en omfattende vektning og systematisk vurdering av alternativer i mange tilfeller ikke hadde tilført verdi, da et godt nok alternativ ofte er intuitivt klart for beslutningstakeren basert på erfaring.

Likevel mener flere informanter at det tas for mange intuitive beslutninger i prosjektet, og at flere beslutninger burde tas mer rasjonelt. Det gjelder særlig i tverrfaglige spørsmål, hvor det råder høy grad av usikkerhet og kompleksitet rundt muligheter og konsekvenser av ulike alternativer. Resultatene er i samsvar med beslutningsteorien som sier at beslutningsprosesser bedres jo mer rasjonelt de håndteres. Dette bekreftes også av Kahneman (2013) som sier at beslutninger basert på intuisjon i flere tilfeller er suboptimalt, og særlig dersom beslutningene er viktige og medfører store konsekvenser. Resultatene viser også at intuitive og uformelle beslutninger bidrar til å skape fremdrift i prosjektet, og i mange tilfeller er raske beslutninger en kvalitet i seg selv.

Informasjonsmengden øker ved bruk av BIM, men det kan se ut som informasjonsgapet mellom nødvendig informasjon i beslutninger og tilgjengelig informasjon reduseres ved bruk av BIM. Resultatene viser at BIM er et svært nyttig verktøy for å enkelt hente ut ønskelig informasjon. Et mindre informasjonsgap leder ifølge teorien til mindre usikkerhet i beslutningene, og kan dermed være en forklaring på hvorfor informantene mener det blir lettere å ta raske valg ved bruk av BIM (Ben-Haim, 2006). Mindre usikkerhet i beslutningene kan også være en forklaring på hvorfor beslutningstakerne i mange tilfeller føler seg komfortable med å basere seg på intuisjon.

Etterprøvarhet

En informant forteller at man har begynt å flytte beslutningspunkter inn i BIM-modellene, med sakshåndtering og oppgaveoppfølging. Ved å integrere sakshåndtering, oppgaveoppfølging og beslutningslogg i BIM-modeller kan man unngå iterasjoner og gjenopptakelse av tidligere beslutninger. Dette bekreftes av teorien som beskriver etterprøvarhet i kommunikasjon og beslutningsprosesser som viktig for å unngå negative iterasjoner (Jacobsen & Thorsvik, 2019). Dokumentering av beslutninger i BIM-modeller tilgjengeliggjør også begrunnelser og konklusjoner til hvorfor beslutninger tas, og nevnes som ønskelig. Det brukes i dag et separat program for å håndtere planlagte oppgaver, men flere informanter viser til at en integrering med BIM kunne effektivisert dokumenteringen og organiseringen av beslutningsprosesser.

Konsensus

Fra resultatene finner vi at konsensus mellom fagdisiplinene er viktig i tverrfaglige problemstillinger. Konsensus skapes ved at fagene forsøker å imøtekomme og tilpasse seg hverandre, så lenge det ikke medfører store ulemper for andre fagfelt. Av den grunn ender man ofte på middelløsninger, hvor det inngås kompromisser, og det oppleves ikke vanskelig å komme frem til akseptable løsninger for alle. I enfaglige beslutningsprosesser handler det også om å skape konsensus, men fageksperter eller disiplinledere har da sterkere beslutningsmyndighet og kan skjære igjennom ved behov. Resultatene tyder på at det innad i fagfeltene vanligvis foregår en dialog om løsningsvalg, og at fagene diskuterer seg fram til konsensus. Teorien skiller ikke mellom konsensus i enfaglige og tverrfaglige problemstillinger, men viser til at konsensusdrevne beslutninger normalt er mest rasjonelle (Justice & Jamieson, 2012).

Den største hindringen for å skape konsensus ser ut til å være usikkerhet i beslutningsgrunnlaget, noe BIM påvirker ved at informasjon gjøres lett tilgjengelig og forståelig. Det faktum at man som oftest klarer å komme til enighet mellom alle fagfeltene tyder ifølge beslutningsteorien på at løsningene er gode (Justice & Jamieson, 2012). Samtidig viser teorien til utfordringer ved hvordan konsensus skapes, men ettersom fagene i de fleste tilfeller tilpasser seg hverandre synes ikke gruppetenking å være en stor utfordring i studien. Dette kan ha sammenheng med at teknisk prosjekterende normalt sett har en sammenfallende interesse av å utarbeide gode tekniske løsninger, og i mindre grad omhandler økonomiske spørsmål. I noen tilfeller ble det trukket fram at uenigheter om løsninger kan skyldes manglende informasjonsgrunnlag i beslutningsprosessen, og at man da skyver på beslutningspunktet frem til nok informasjon blir lagt fram. Når informasjonsgrunnlaget er godt nok klarer man lettere å ta beslutningen, noe som sammenfaller med Bazerman & Moore (2009) som viser til at riktig informasjon i beslutningsprosesser er viktig.

Vi finner flere av beslutningsmetodene beskrevet i Tabell 1, i prosjekteringen. I tverrfaglige spørsmål virker det som vanligste praksis er «konsulterende konsensus», ved at man søker konsensus blant gruppe medlemmene, samtidig som totalentreprenøren har kontroll over endelig beslutning. Det er også innslag av «modifisert konsensus» der hvor det er vanskeligere å bli enige, og man forsøker i det minste å komme frem til en løsning som alle kan «leve med». Funnene tyder ikke på at man forsøker å oppnå absolutt konsensus, noe som er forståelig da dette ofte er svært tidkrevende (Justice & Jamieson, 2012). Som nevnt tidligere er det såpass

mange beslutninger som skal tas i prosjekteringen i forhold til disponibel tid at det ikke er praktisk mulig å komme frem til absolutt konsensus.

Roller

Det kontraktsmessige forholdet mellom byggherre og utbygger kan skape divergerende interesser og utfordringer med å skape konsensus i beslutningsprosesser. NV ønsker en billigst mulig vei, men også kvalitet på veien, mens AF som entreprenør har incentiver til å tjene mest mulig penger, ha god fremdrift og sørge for at løsningene er byggbare. NC er innleid i kontrakt med AF, og vil derfor ha stor interesse av å levere etter entreprenørens ønsker. Teorien tilsier at det er viktig å håndtere divergerende interesser for å oppnå gode beslutningsprosesser og skape konsensus, men beskriver ikke hvordan de bør håndteres. Her vil forskjellige typer kontrakter kunne spille inn på aktørenes interesser og dynamikken i prosjektet, uten at dette har vært et fokusområde i denne studien.

Fra samspillet mellom prosjekteier og entreprenør fant vi at det er ønskelig å unngå økonomispørsmål når man diskuterer fagløsninger da dette kan ha en tendens til å komplisere løsningsutviklingen. Grunnen til at økonomispørsmål i beslutningsprosesser kan være et vanskelig tema å ta opp kan være nettopp denne ulikheten mellom entreprenøren og eieren, da den ene ønsker å tjene penger, mens den andre ønsker å spare penger. Det kommer frem at personer med faglig beslutningsmyndighet ikke nødvendigvis har økonomisk myndighet. På den måten må problemstillinger med økonomiske konsekvenser ofte løstes til ledelsen, og problemene blir mer formelle.

6.2 Samhandling

Prosjekteringsrekkefølge

Som presentert i funnene er byggerekkefølge førende for fagenes rekkefølge i prosjekteringen. Veifaget og konstruksjonsfaget ble trukket frem som de første i rekkefølgen og viktigste for prosjektets kunde verdi og kostnader. BIM-modeller gjør det mulig for de andre fagene å følge designprosessen i sanntid gjennom innsynsløsningen som oppdateres daglig. Ved at fagene kan følge andre fags prosjektering økes en felles forståelse for prosessen og designet. En kontinuerlig oppdatering av arbeidsgrunnlaget er ulikt vanlig praksis hvor fagene deler underlaget kun ved gitte kontrollpunkter eller MMI-nivåer. Tidligere måtte de påfølgende fagene stoppe opp, og bruke tid på å sette seg inn i underlaget før de kunne starte på sin løsning.

BIM har blitt trukket frem som et verktøy som øker forståelsen for designet underveis, og gjør det lettere å planlegge sin egen løsning i forkant. Sett opp mot beslutningsteori kan BIM sies å effektivisere designprosessen ved at beslutningstakere får en god tverrfaglig forståelse underveis i prosjekteringen (Leite, 2020; Westgaard et al., 2010). BIM kan også sies å føre til mer effektive beslutningsprosesser fordi beslutningstakere lettere forstår andre fags løsninger, og på den måten kan gjøre effektive og gode tilpasninger innen eget fagfelt.

Gjennom forbedret visualisering i modeller kan det også argumenteres for at BIM hjelper beslutningstakere å se hvilke fagfelt som bør få forrang i ulike situasjoner. Dette er i tråd med Chen (2015) og Eastman et al. (2018) som sier at BIM kan føre til at det mentale bildet hos de prosjekterende sammenfaller. Dette bekreftes også fra intervjuene hvor BIM ble brukt for å lettere forstå at vann- og avløpsfagets løsning var mer kritisk i enkelte områder.

Koordinering

Fra resultatene fremkommer det at BIM skaper en fleksibilitet i tilpasninger og endringer i designet. Visualisering og fortløpende oppdatering av BIM-modellen gjør det lettere å håndtere kompleksitet og avhengigheter mellom fagene, noe som bedrer koordineringen ved at antallet konflikter i tverrfaglige kontroller reduseres. Ved at endringer enkelt kan utføres, og raskt sjekkes visuelt opp mot andre fagfelt kan designprosessen effektiviseres. Dette bekreftes av teorien som nevner at BIM bidrar til bedre fasiliteret samhandling (Chen, 2015).

Det fremkommer at BIM brukes både i enfaglig og tverrfaglig problemløsning, men at tverrfaglige problemstillinger fordrer mer samhandling og tilpasning enn enfaglige. BIM har vist seg nyttig for å vise hvilke fag som har minst konsekvenser med å tilpasse seg, og brukes i stor grad som beslutningsunderlag for å skape forståelse og dialog i beslutningsprosesser. Teori viser til at kvaliteten på informasjon i beslutningsprosesser er sentral for å gjøre gode beslutninger. I beslutningsprosesser som angår tilpasninger mellom fagfelt, bidrar BIM til å identifisere og synliggjøre konsekvenser av løsninger, og bedrer på den måten beslutningsunderlaget.

Alle fagene er i varierende grad avhengig av regler, normer og standardiserte løsninger. Resultatene beskriver parametriske modellering som et nyttig verktøy for å sikre at løsninger prosjekteres i henhold til lover og regelverk. Teorien utdyper ikke bruken av parametriske modellering knyttet til regelverk og normer, men fokuserer primært på fleksibiliteten ved

endringer i designet (Miettinen & Paavola, 2014). Parametrisk modellering er en forholdsvis ny og lite brukt teknologi, noe som kan være grunnen til at teorien ikke beskriver regelverk og normer som et kriterie i parametrisk modellering. På den andre siden fremkommer det ikke fra empirien at prosjektet har dratt nytte av fleksibiliteten for endringer ved teknologien, og det kan se ut som et potensielt forbedringsområde for prosjektet. Studien kan på den måten tilføre ny innsikt til teorien rundt nytten av parametrisk modellering.

Ekstern samhandling

Det at BIM har gitt bedre samhandling på tvers av de tre firmaene har sammenheng med at alle sitter på samme informasjon, og at denne er oppdatert til enhver tid. Dette gjør det lettere for NV å gjennomføre stikkprøver og oppfølginger av designet. For AF og NC sin del er BIM et nyttig verktøy for å lettere vise og forklare ting for byggherren. Empirien viser at BIM forbedrer samhandling på tvers av aktørene ved å trigge diskusjoner i større grad enn tegninger, noe som igjen fører til korreksjoner og forbedrede løsninger. Samtidig Prosjektering (u.å.-a) viser også til nytten av at BIM trigger gode diskusjoner og løsningsutvikling.

Innsynsmodellen har gjort det lettere å slippe til leverandører i designprosessen, og det har i flere eksempler skjedd at underleverandører har kommet med korrigerende innspill til løsninger. BIM har på den måten bidratt til et tettere samarbeid med leverandørkjeden. Ved å innlemme leverandørene i designprosessen vil man få en mer helhetlig forståelse og mindre feil i designet. Ved å oppnå konsensus med leverandører kan det føre til et bedre design. Dette stemmer med beslutningsteori som fremhever oppnåelsen av konsensus i en god beslutningsprosess (Justice & Jamieson, 2012).

Implementeringen av en slik måte å samhandle med BIM har vært en lærings- og tilpasningsprosess blant aktørene. Det oppgis at denne prosessen har vært utfordrende, men at ingen ønsker seg tilbake til de gamle metodene. Dette kan tyde på at nytten ved en tettere samhandling med leverandører er større enn kostnaden av læringsprosessen.

Universal prosjektering

Et unisont arbeidsgrunnlag gjør at man lettere kan sammenligne design og løsninger på tvers av fagfelt. BIM kan gjøre det lettere å utarbeide et unisont arbeidsgrunnlag, og gir også økte muligheter for gjenbruk av design innad i prosjektet, og videre i andre prosjekter. ISO 19650 standardiserer begrepsbruk og prosesser i BIM, og tas av flere opp som en viktig faktor i

styringen av informasjon og detaljering. Ved å standardisere informasjonshåndteringen unngås misforståelser, og det legges det til rette for en effektivisering av beslutningsprosesser.

6.3 Informasjon

Detaljering

For å ta gode beslutninger viser teorien til at kvaliteten og nøyaktigheten på beslutningsunderlaget er viktig. Et oversiktlig, strukturert og tilstrekkelig detaljert informasjonsgrunnlag gir god oversikt over ulike alternativer og legger til rette for at beslutningstakere kan ta gode og velinformerte beslutninger.

Funnene i oppgaven indikerer at detaljeringen i prosjektets BIM-modeller er svært høy og informasjonen som finnes er god. Videre er beslutningsprosessene og hvilket detaljeringsnivå som trengs situasjonsbetinget avhengig av hva som skal besluttes, noe som kan være en av grunnene til at teorien ikke tar opp problemstillinger angående hva som er et tilstrekkelig eller rett detaljeringsnivå. Større beslutningsprosesser har vanligvis større konsekvenser og i mange tilfeller behov for et mer nøyaktig beslutningsunderlag med et større detaljeringsnivå enn mindre beslutninger. Videre foregår større beslutningsprosesser ofte iterativt hvor detaljeringsgraden stadig økes etter hvert som alternativer siles vekk. På den måten er behovet for detaljering av informasjon ulik avhengig av fasen på beslutningsprosessen. Grauthellerprosessen bekrefter dette som en beslutningsprosess med ulikt behov for detaljering avhengig av hvor i prosessen en er. I mindre komplekse beslutningsprosesser viser funn at det ofte kan være behov for langt mindre detaljering av informasjon.

Fra analysen fremkommer det delvis rivaliserende meninger angående nytten av det høye detaljeringsnivået i E39-prosjektet. BIM som verktøy legger til rette for at løsninger kan ha et meget høyt detaljnivå, og mens noen viser til at detaljnivået har vært meget nyttig peker andre på at den ekstra tidsbruken i prosjektering ikke har medført store nok gevinster. En forklaring til at nytten fremkommer ulikt kan være fasene i beslutningsprosessene som allerede nevnt. En annen forklaring kan også være at ulike fag har forskjellig krav og behov for tverrfaglig informasjon avhengig av hvilken fase og modningsnivå de befinner seg på. Analysen viser også at informanter som selv prosjekterer opplever et større behov og nytte av detaljert informasjon enn informanter med en mer overordnet ledelsesrolle. Informanter som jobber tett mot utførelsesfasen viser igjen til andre behov og gevinster av økt detaljering. Sett i sammenheng

kan det ikke konkluderes med hvilket nivå av detaljering som er nyttig i prosjektering, men de ulike svarene rundt nytten viser til viktigheten av å definere for hvert enkelt fag og modningsnivå hvilket detaljeringsnivå som er nødvendig. Denne tilnærmingen bekreftes også av Utpal (2017) og Francesca (2016) som fokuserer på at en god beslutningsprosess er velinformert, og på den måten rasjonell.

Detaljering handler ikke bare om kvantitet, men også kvalitet og her fremkommer det bred enighet om at BIM har bidratt til en økt kvalitet på informasjonen. Bazerman & Moore (2009) er klare på at det å samle inn god og relevant informasjon er viktig i rasjonelle beslutningsprosesser, og på den måten kan BIM ses på som et nyttig verktøy.

Praksisen rundt hvordan prosjektering og bygging av veier foregår er også i kontinuerlig utvikling, og det som tidligere var ansett som et for høyt detaljeringsnivå kan i fremtiden være for lite. Som nevnt i kapittel 4 har tekniske løsninger for tilgjengeliggjøring av informasjonen vært utviklet underveis i prosjektet. Selv om ikke tekniske utfordringer er studiens fokusområde må det påpekes at teknisk kompetanse nevnes i intervjuene som en viktig faktor for hvor godt BIM fungerer i bruk og i beslutningsprosesser.

Bruk av modeller i livssyklus

Informanter viser til at potensialet av detaljeringen i E39-prosjektet primært hentes ut i prosjekterings- og byggefasen, ved at feil oppdages tidligere og i modellen, og på den måten hindrer kostbare feilbygginger og opprettinger. Denne nytten av BIM påpekes også i teorien av Miettinen & Paavola (2014). Det diskuteres også hvorvidt modellen kan brukes i driftsfasen. Basert på intervjuene er bruk av BIM for forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) fremdeles på et konseptstadiet, selv om flere informanter viser til at dette er fremtiden. Forskning fra byggeprosjekter indikerer at BIM med fordel også bør brukes til FDV (Dibaba, 2018; Gauslaa, 2018). Dette bekreftes også av Standard Norge (2020) som spesifiserer bruk av BIM i driftsfasen som AIM. Det er dog flere forskjeller mellom samferdselsprosjekter og byggeprosjekter hva angår kompleksitet, frekvens og omfang av vedlikehold, etc., som gjør at dette ikke nødvendigvis er overførbart mellom ulike bransjer. Ifølge informanter er det avgjørende å utvikle systemer hvor gevinsten ved bruk av BIM i driftsfasen oppveier en økt arbeidsmengde av å vedlikeholde BIM-modellene. Det vises også til at bruk av BIM i FDV vil kreve endringer i kompetanse og arbeidsmetoder hos entreprenører, men dette er som sagt fremdeles i en konseptfase.

Visuell informasjon og metadata

Teorien skiller ikke mellom ulike typer informasjon i modeller, men funnene tyder likevel på at det går et skille om ikke helt eksakt, mellom visuell og geometrisk informasjon, og tilhørende metadata. I prosjekteringsfasen er det primært visuell informasjon som kommer til nytte i beslutningsprosesser. Ikke-visuell informasjon blir også brukt i prosjekteringen, men det tyder på at denne informasjonen ikke er like sentral i beslutningsprosesser. Teorien viser til at en god oversikt over konsekvenser og omstendigheter ved alternativer er viktig i beslutningsprosesser (Stanovich & West, 2000). Det kan derfor tyde på at visuell informasjon er viktigere for å identifisere konsekvenser enn metadata.

Funnene viser også at tilhørende metainformasjon i modellene har vist seg nyttig for enkelte fagfelt for å utføre beregninger og uthenting av teknisk informasjon. Fagfeltene bruker BIM-modellene på ulike måter, men det faktum at BIM muliggjør en større detaljering har medført at BIM blir brukt i langt større grad, noe som uttrykkes som utelukkende positivt blant informanter. Denne bruken og nytten av BIM bekreftes gjennom studiens teoretiske rammeverk.

Tilgjengelig informasjon

Funnene viser at tilliten til underlaget og til andre fagfelt har økt fordi innsynsmodellen oppdateres kontinuerlig og alltid viser siste versjon av underlaget. Delingen av informasjon via innsynsløsningen er nært knyttet opp til BIM-modeller ved at sammenstillingsmodellen deles, men innsynsløsningen er likevel en egen teknisk løsning, og kan ses på som en videreutvikling av de tidligere prosjekthotellene som håndterte lagring av informasjon. En innsynsløsning som benyttet i prosjektet sikrer god tilgang til informasjon for deltakerne, og reduserer ifølge funnene antall telefonsamtaler og e-post. Det vises til at det likevel ofte er behov for kommunikasjon for å forstå løsninger, men at innsynsløsningen og muligheten for å hente ut informasjon er meget nyttig også ved telefonsamtaler og i møter.

Deling av informasjon for å skape en best mulig forståelse av løsningen hos alle beslutningstakerne står sentralt i teorien (Rogelberg et al., 1992; Wu et al., 2020). BIM-modellene og innsynsløsningen kan slik sett bidra til bedre informasjonsdeling og en økt felles forståelse i beslutningsprosesser. Ved å skape en felles forståelse for løsninger kan beslutningsprosessene lettere oppnå konsensus og rasjonelle beslutninger basert på den totale kunnskapen hos beslutningstakerne (Justice & Jamieson, 2012).

Oppdatert informasjon

E39 er et tilnærmet tegningsløst prosjekt, og informanter viser til at digital informasjon enklere kan gjøres tilgjengelig via både BIM-modeller og innsynsmodeller. Sammenstillingsmodellen oppdateres hver natt og på den måten er hvert fags fremdrift oppdatert, og fagene får økt tillit til underlaget. Funn tyder på at denne økte tilliten har hindret omprosjektering og skapt en bedre koordinert fremdrift. I prosjekter med store mengder informasjon er det essensielt å kunne finne og hente ut den informasjonen en trenger for å ta beslutninger. Michaelsen et al. (1989) peker på at tillit i grupper kan føre til en bedre kapitalisering på den samlede kunnskapen i gruppen, og på den måten lede til mer rasjonelle beslutningsprosesser. Imidlertid kan ikke tillit til underlaget nødvendigvis sies å påvirke tilliten mellom gruppemedlemmene. Et godt og korrekt informasjonsunderlag er sentralt i beslutningsprosesser, og på den måten kan en økt tillit til underlaget medføre bedre kapitalisering av gruppens kunnskap og mer rasjonelle beslutningsprosesser.

BIM-sammenstillingsmodellen er tilgjengelig gjennom innsynsløsningen hvor alle involverte kan gå inn og hente ut den informasjonen de trenger. På den måten fungerer BIM som et informasjonshåndteringssystem og det trekkes frem at flere har hatt nytte av å enkelt kunne klikke seg frem i modeller for å finne spesifikk informasjon. Flere informanter viser til at beslutningsprosesser er mer effektive nå da informasjonsinnhenting og systematiseringen av relevant informasjon skjer mye mer effektivt ved bruk av modell, noe som tidligere kunne være en tidkrevende oppgave. BIM-modeller kan ikke sies å ha noe stor innvirkning på hvorvidt relevant informasjon blir utarbeidet eller ikke, men modellene gir en god oversikt over hvilken informasjon som finnes, og reduserer tiden det tar å sjekke sist oppdaterte dokumentasjon. På den måten synliggjør innsynsmodellen også eventuelle behov for mer informasjon. Identifisering av relevant informasjon trekkes i teorien frem som viktig i beslutningsprosesser, og slik sett kan BIM bidra til bedre og mer rasjonelle beslutningsprosesser (Jacobsen & Thorsvik, 2019).

6.4 Visualisering

Det teoretiske rammeverket tilsier at god kommunikasjon er en viktig faktor i beslutningsprosesser. Analysen av empirien finner at kommunikasjon fremstår sentralt i beslutningsprosesser, men at BIM primært har påvirkning på kommunikasjon som foregår visuelt. Valget av visualisering som faktor forkaster ikke teorien, men er snarere en presisering angående hvordan BIM påvirker kommunikasjonen i beslutningsprosesser.

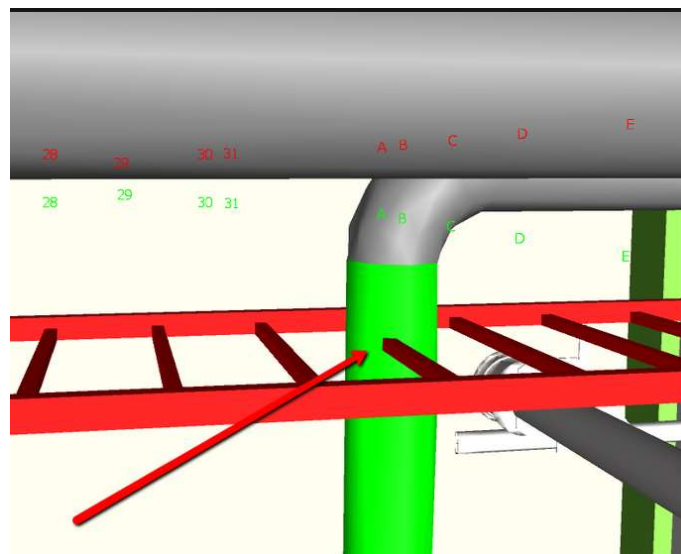
Felles forståelse

Kommunikasjon handler om å formidle informasjon mellom beslutningstakere på en effektiv og ryddig måte, og med en egnet metode. I prosjekteringsfasen formidles informasjon mellom mange ulike fagfelt og aktører. Løsninger og alternativer utvikles, tilpasses og koordineres, og informanter viser til at BIM-modeller brukes mye til dette. BIM-modeller brukes også i møter og beslutningsprosesser for å raskt gi en oversikt over løsninger og skape en felles forståelse for problemstillinger. Visualisering beskrives i teorien som en særlig effektiv måte å formidle informasjon på, og bidrar på den måten til en bedre og mer effektiv beslutningsprosess (Jacobsen & Thorsvik, 2019). Ved at informasjon formidles visuelt mellom beslutningstakere får alle deltakerne en bedre forståelse av sammenhenger og avhengigheter mellom fagfelt, som igjen legger til rette for mer rasjonelle og velinformerte beslutninger. Figur 11 viser et utsnitt av hvordan løsninger visualiseres i innsynsløsningen for prosjektet.



Figur 11: Visualisering av løsning i innsynsmodell

Funnene viser at visuell informasjon er spesielt nyttig for å identifisere og synliggjøre konsekvenser og inngripen av ulike løsninger og alternativer. Konflikter og kollisjoner blir enkelt synlige, og i flere tilfeller kan BIM automatisk identifisere og varsle kollisjoner mellom fagfelt. Rasjonelle beslutninger søker i teorien å identifisere alle mulige alternativer og konsekvenser for deretter å vekte og vurdere hvilke løsninger som er best (Bazerman & Moore, 2009). BIM fremstår som et nyttig verktøy ved at konsekvenser, kollisjoner og alternativer enklere identifiseres, og utgjør dermed et godt grunnlag for å videre hente inn detaljert informasjon om hvert alternativ. Figur 12 illustrerer hvordan kollisjoner mellom fagfelt enkelt visualiseres.



Figur 12: Kollisjon i BIM (ITB Guiden, u.å.)

Prosjekteringsfasen er også preget av usikkerhet relatert til løsningsvalg, fremdrift og tverrfaglige kollisjoner. Ved å visualisere løsninger i BIM viser informanter til at usikkerheten i prosjekteringen reduseres, og dette knyttes opp mot et bedre informasjonsgrunnlag og en større felles forståelse for løsninger. Ved å skape en bedre felles forståelse for løsninger mellom fagene unngås feilprosjektering og negative iterasjoner i beslutningsprosessene. BIM har også vist seg som et nyttig verktøy for å øke byggekvaliteten og redusere antall byggefeil. Flere feil oppdages nå i modellen samtidig som byggeprosessen visualiseres i BIM og hindrer misforståelser blant utførende. Dette sammenfaller med (Chen, 2015; Eastman et al., 2018) som påpeker at flere problemer løses eller unngås helt med en tidlig visualisering og felles forståelse, og Ben-Haim (2006) som poengterer at mer tilgang til informasjon reduserer usikkerhet.

En bedre felles forståelse for løsninger er nært knyttet opp til gruppebeslutninger og konsensus. Teorien viser til at konsensusdrevne beslutningsprosesser er de beste fordi beslutningstakerne tar i bruk gruppens samlede kunnskap. BIM kan påvirke prosessen med å komme frem til konsensus på en positiv måte ved at deltakernes kunnskap raskere og enklere formidles mellom beslutningstakerne ved visualisering. Dette er i samsvar med teorien som sier at gode beslutningsprosesser er konsensusdrevne, effektive og raske (Justice & Jamieson, 2012; Kugler et al., 2012).

Funnene viser også at en stor andel av problemstillingene hvor BIM er nyttig er enkle problemstillinger, fordi visualiseringen ofte gjør løsninger åpenbare og selvsagte. I mer komplekse problemstillinger som for eksempel Grauthellerprosessen fremkommer også visualisering som nyttig, men BIM modellen brukes da i større grad som et utgangspunkt for diskusjon, løsningsvalg og eventuelt mer nøyaktige beregninger. Dette er i tråd med Samtidig Prosjektering (u.å.-b) som viser til at BIM kan trigge nye diskusjoner.

Augmented reality (AR) og virtual reality (VR) har ikke vært mye brukt i prosjektet, og selv om det fantes ambisjoner om å ta dette i bruk er det fremdeles i konseptfasen. Det å kunne se planlagt prosjektering opp mot virkeligheten og faktisk bygging kan ifølge noen informanter bedre kvalitetskontroll og forståelse av hva som skal bygges på anleggsplassen. Både AR og VR har vært testet som lovende konsepter, men det er ifølge informanter fremdeles en vei å gå med hensyn på tekniske løsninger og implementering.

Fremdrift og opplæring

Visualisering har fremstått som en viktig faktor for å få oversikt over og planlegge fremdriften i prosjekteringen. Fagenes status og modning visualiseres i BIM-modellene og gjør det tydelig hvordan fremdriften i prosjektet ligger an. Teorien omtaler ikke spesifikt hvordan BIM påvirker fremdrift i prosjekter, men det vises til at modning er et nyttig verktøy for styring av fremdrift (Grytting et al., 2017). Informanter viser til at visualisering av modning er særlig nyttig da fargekoding av objekter raskt gir en oversikt over statusen for alle fag. En god oversikt over modning og fremdrift i BIM-modellen reduserer feilprosjektering og kollisjoner mellom fag på grunn av bedret koordinering.

Det framkommer at visualisering i BIM er nyttig for opplæring rettet mot nye arbeidslag i byggefasen, men også til å lære opp rådgivende i prosjekteringsfasen. Ved å kjøre korte

opplæringsseanser i BIM for et nytt arbeidslag blir arbeidsoppgavene lett forståelig og det skapes raskt en felles forståelse for hva som skal gjøres. Denne nytten av visualisering bekreftes også indirekte av teorien hvor visualisering fremgår som en effektiv og god kommunikasjonsform (Jacobsen & Thorsvik, 2019).

Fallgruver

Funnene viser til at det finnes noen fallgruver ved visualisering som blant annet at løsninger kan se mer ferdige ut enn de egentlig er. Objekter i modeller kan tilsynelatende se ferdige ut, selv om de ikke har et modningsnivå som egner seg som beslutningsunderlag enda. Informanter viser til at E39-prosjektet ikke har hatt store utfordringer med dette, i stor grad fordi det ble bestemt at det ikke var nødvendig å lage en vakker fremstilling av veien i starten av prosjekteringen. Flere informanter viser til at bruk av modning og visualisering i starten av prosjekteringen var en tilvenningsprosess.

6.5 Modning

I det teoretiske rammeverket er ikke modning definert som en eksplisitt faktor, men fremkommer som del av faktoren informasjon. Empirien og analysen viser at modning er et helt sentralt konsept i prosjekteringen, og omhandler ikke bare styring av detaljering, men også styring av fremdrift og koordinering mellom fagfelt. Det virker derfor hensiktsmessig å omtale modning som en egen faktor i resultatene og diskusjonen. Innlemmingen av modning som faktor kan sies å være en utvidelse av teorien ved at modning som begrep styrkes og gis en mer sentral betydning enn hva teorien tilsier.

Detaljering

Teorien indikerer at styring av detaljering med modning er gunstig for å skape felles forståelse for fagdisiplinene (Grytting et al., 2017). Funnene viser at styring etter modning har forhindre omprosjektering og fanget opp kollisjoner på et lavere nivå på bakgrunn av en bedre felles forståelse. Ved å spesifisere leveranser og dokumentasjonspakker ved hjelp av modning har kollisjoner som tidligere ble oppdaget i byggefasen nå blitt oppdaget i BIM-modeller i prosjekteringen, og spart prosjektet for vesentlige ekstrakostnader.

Det går frem at modning som verktøy har vært svært nyttig i beslutningsprosesser fordi det lett blir synlig hvilken informasjon som mangler eller trengs i beslutninger. Modning er ikke noe

verktøy for å hente inn og identifisere korrekt informasjon, men snarere et styringsverktøy for å identifisere om det mangler eller trengs mer informasjon (Fløisbonn et al., 2018). På den måten kan modning øke kvaliteten på beslutningsprosessene ved å tydeliggjøre at beslutninger tas på bakgrunn av korrekt informasjon.

Det går frem fra resultatene at modning også er nyttig for å identifisere usikkerheter i beslutningsunderlaget. Det blir enkelt tydelig i beslutningsprosesser at objekter med lavt MMI-nivå har stor usikkerhet, mens objekter med høyt MMI-nivå har mindre usikkerhet. Det antas derfor at usikkerheten i prosjekter som ikke benytter styring etter modning ikke blir like eksplisitt og tydelig, og det er ikke like gitt hvorvidt informasjon er klar til å benyttes i beslutninger.

Hvert fag har i tillegg til de overordnede MMI-nivåene også spesifisert hvilken detaljering og informasjon som inngår i de ulike nivåene. Eksempelvis er valg av fundamentering og utgravingsnivåer bestemt i MMI 200 for konstruksjonsfaget. Den måten å arbeide på synliggjør avhengigheter mellom fagene og styrer utviklingen av detaljeringen. Sett i lys av beslutningsteori er modning som verktøy egnet for å styre innhenting av korrekt informasjon (Kahneman, 2013).

BIM er tett knyttet til bruk av modning for å sikre at modeller inneholder rett og nødvendig informasjon for beslutninger. Kontinuerlige MMI-statuser som enkelt lar seg oppdatere, samt at MMI-nivåene vises i innsynsmodellen gjør at prosjektet får høy nytte av verktøyet. Modning bidrar på den måten til å forstå og beslutte på riktig grunnlag. Teorien tilsier at modning bidrar til at projekteringen bedre kan utnytte verktøyene i BIM (Fløisbonn et al., 2018). Figur 13 viser hvordan innsynsløsningen spesifiserer objekter med MMI nivåer og fargekoding.



Figur 13: Modningsnivåer i innsynsløsningen (Teknisk Ukeblad, 2019)

Bruk av MMI har også den fordel av å involvere de utførende i større grad enn tidligere. BIM modeller lastes opp og gjøres tilgjengelig på alle de ulike MMI-nivåene som gjør at de utførende lettere kan komme med innspill i prosjekteringsprosessen. En slik involvering forhindrer mange misforståelser og feilbygginger, noe som bekreftes av (Grimsmo, 2008). Modning i utførelsesfasen er lite beskrevet i litteraturen, og selv om dette ikke er fokusområdet for studien fremstår dette som et interessant funn.

For å oppnå en mest mulig rasjonell beslutningsprosess tyder teorien på at nødvendig informasjon i beslutningsprosesser bør styres og settes i et system med andre fagfelt. Det handler om å definere for hver enkelt beslutningsprosess hva som er et nyttig og ønskelig detaljeringsnivå for hvert fagområde og for designprosessen som helhet. Modning fremstår som et godt verktøy for å håndtere dette både basert på empirien og teorien.

Fremdrift og prosjektstyring

Modning bidrar ifølge informanter til en bedre overordnet prosjektstyring ved at beslutningstakere får en enkel og rask oversikt over alle fagenes status. Modning er ikke ifølge teorien den eneste metoden for å styre fremdrift, men det fremheves i dette prosjektet at modning har vært særdeles nyttig. Dette kan ha sammenheng med at prosjektet er komplekst

og har mange resiproke avhengigheter mellom fagfelt, som ikke enkelt lar seg løse med et faghierarki. Løsningsutvikling foregår ofte i iterasjoner og modning fremstår som et nyttig verktøy for å styre designutviklingen, og skape en større forutsigbarhet mellom fagene. Modning gir på den måten en bedre oversikt og forståelse for designet, og reduserer usikkerheten rundt rekkefølgen i prosjekteringen.

I ICE-sesjoner brukes BIM og modning aktivt som verktøy for å følge opp og visualisere fremdriften i prosjektet. For å kunne fatte rasjonelle beslutninger og prioriteringer vedrørende prosjektets fremdrift er synliggjøring av modning viktig. På den måten kan det sies at modning bidrar til mer velinformerte og rasjonelle beslutningsprosesser ved at beslutningsunderlaget får høyere kvalitet. De teoretiske antakelsene om at styring etter modning synliggjør fagenes fremdrift bekreftes, men utvides også av empirien ved at modning er et egnet verktøy også for å koordinere fremdrift (Grytting et al., 2017).

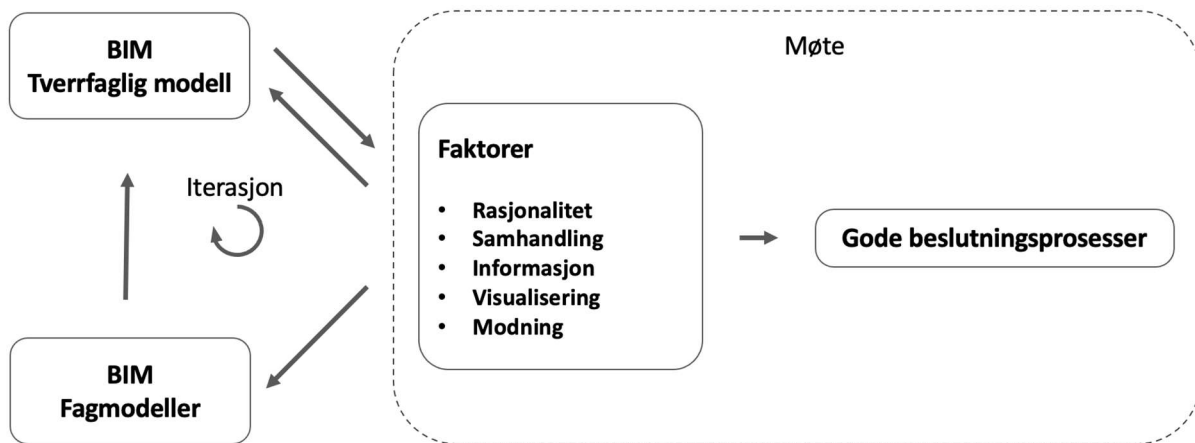
Kommunikasjon ved hjelp av modning kommer ikke eksplisitt til uttrykk i intervjuene, men er likevel underliggende ved for eksempel at de utførende kobles inn tidligere i prosjektet og ved at modningsnivåer styrer og kommuniserer hvilke deler av prosjektet som er klart for videre prosjektering og bygging. Modning blir av flere brukt i kommunikasjon om løsninger og fremdrift, og bidrar til å redusere misforståelser både i prosjekteringsmøter og i byggefasen.

Fallgruver

Løsninger med en lav modenhetsgrad kan fremstå med detaljer og objekter som ser ferdige ut, men ikke nødvendigvis er det. Det kommer frem at misforståelser kan oppstå når andre fag tilpasser sine løsninger mot et for umodent underlag i andre fagfelt. På den måten kan manglende forståelse for MMI gjøre at beslutninger ikke tas på velinformert og rasjonelt grunnlag (Francesca, 2016; Stanovich & West, 2000). Informanter viser til at denne utfordringen var størst i starten av prosjekteringen, og mindre fremtredende utover i prosjektet da styring etter modning var mer innarbeidet.

6.6 Sammenfatning

I dette delkapittelet oppsummeres diskusjonen av faktorene ved å plassere dem i kontekst av beslutningsprosesser. På bakgrunn av de diskuterte faktorene er det utarbeidet et empirisk rammeverk som vist i Figur 14. Rammeverket er en konkretisering og videreutvikling av det teoretiske rammeverket og beskriver primært studiens funn av faktorer, men representerer også en måte å forstå flyten i beslutningsprosesser.



Figur 14: Empirisk rammeverk

Det empiriske rammeverket skiller seg fra det teoretiske rammeverket ved at noen av faktorene som identifiseres i empirien er ulike fra teorien. Viktige og gode beslutningsprosesser foregår ofte i møter, og er derfor rammet inn av en stiplet linje i rammeverket. BIM tverrfaglig modell fungerer i mange tilfeller som en input til møtene hvor beslutninger tas, men påvirkes også i motsatt retning av at modellen brukes aktivt for å visualisere alternativer, og det gis direkte innspill til endringer i BIM tverrfaglig modell. Mange problemstillinger krever beslutningsprosesser i flere iterasjoner for å komme frem til en god løsning, og BIM fagmodeller oppdateres ofte i etterkant av møtene basert på det som er besluttet. Deretter sammenstilles fagmodellene i en oppdatert tverrfaglig BIM-modell som igjen tas i bruk i nye beslutningsprosesser.

De identifiserte faktorene er primært viktige i møter hvor beslutningsprosesser foregår. Faktorene er som vist i diskusjonen nært knyttet til hverandre, og har innvirkning på både tverrfaglige og enfaglige problemstillinger. De teoretiske antakelsene bekreftes gjennom studien ved at rasjonalitet, samhandling og informasjon fremkommer både fra det teoretiske

rammeverket og fra empirien. Visualisering er identifisert som en faktor fra empirien og fremstår som en konkretisering av faktoren kommunikasjon. Kommunikasjon foregår gjennom mange ulike kanaler i prosjekteringen, men BIM bidrar mest til å visualisere informasjon for å skape en forståelse for beslutningstakere. Modning omtales i teorien under faktoren informasjon, men empirien viser at modning er et sentralt konsept i prosjekteringen, og derfor bør omtales som en separat faktor.

7 Avslutning

Denne studien har tatt for seg hvordan BIM påvirker gode beslutningsprosesser i prosjekteringsfasen ved en casestudie av infrastrukturprosjektet E39 Kristiansand – Mandal. For å svare på denne problemstillingen har studien definert følgende to forskerspørsmål:

- *Hvilke faktorer kjennetegner gode beslutningsprosesser i veibygging?*

- *Hvordan påvirker BIM disse faktorene?*

Gjennom en litteraturstudie og en empirisk undersøkelse tester og utvider studien gjeldende teori. Litteraturstudien identifiserte faktorene *rasjonalitet*, *samhandling*, *informasjon* og *kommunikasjon* som spesielt viktige i beslutningsprosesser. Empirien bekrefter de fleste faktorene fra litteraturstudien, men spesifiserer samtidig faktoren *kommunikasjon* til *visualisering*, samt finner fenomenet *modning* som en egen faktor. Dermed kan de fem identifiserte faktorene som kjennetegner gode beslutningsprosesser og som påvirkes av BIM oppsummeres: *rasjonalitet*, *samhandling*, *informasjon*, *visualisering* og *modning*. Videre er det utarbeidet et empirisk rammeverk som viser sammenhengen mellom BIM, faktorene og beslutningsprosessen.

Generaliserbarhet og videre forskning

Studien er en kvalitativ studie med begrenset generaliserbarhet, men funnene kan med sannsynlighet generaliseres analytisk til lignende empiriske kontekster, i tråd med Yin (2018). Vi anbefaler at det empiriske rammeverket i studien danner utgangspunkt for fremtidige studier i tilsvarende kontekster, men også i andre kontekster for å få svar på i hvilken grad rammeverket har allmenn gyldighet.

Studien har kun sett på en spesifikk empirisk kontekst og bransje, samt kun omhandlet prosjekteringsfasen i prosjektet. Videre forskning burde studere påvirkningen av BIM i andre lignende prosjekter innen bygg- og anleggsbransjen for å bekrefte/avkrefte om studiens funn er generaliserbare i en større sammenheng. Det ville også vært interessant å teste gyldigheten av det empiriske rammeverket i andre bransjer som benytter seg av modellbasert design, for å se om studiens funn kan generaliseres utover den studerte konteksten. Det vil også være naturlig å bygge videre på denne studien, ved å undersøke virkninger av BIM i beslutningsprosesser også i andre prosjektfaser, som byggefasen og driftsfasen.

Referanser

- Abraham, K., Flager, F., Macedo, J., Gerber, D. & Lepech, M. (2014). Enhancing pre-construction decision-making on sustainable commercial building projects. *Hentet 22.april fra <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR217.pdf>*.
- AF Gruppen. (u.å.). *Om oss*. Hentet 22.april fra <https://afgruppen.no/om-oss/>
- Andersen, E. S. (2016). Do project managers have different perspectives on project management? *International Journal of Project Management*, 34(1), 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.09.007>
- Aslam, M., Gao, Z. & Smith, G. (2021). Integrated implementation of virtual design and construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS). *Journal of Building Engineering*, 102252. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102252>
- Baker, D. F. (2010). Enhancing group decision making: An exercise to reduce shared information bias. *Journal of management education*, 34(2), 249-279. <https://doi.org/10.1177/1052562909343553>
- Ballard, G. (2000). *Positive vs. negative iteration in design*. 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction,
- Bazerman, M. H. & Moore, D. A. (2009). *Judgment in managerial decision making* (Bd. 7. utgave). John Wiley & Sons, Inc.
- Ben-Haim, Y. (2006). *Info-gap decision theory : decisions under severe uncertainty* (2. utg.). Elsevier.
- BIM Corner. (u.å.). Hentet 12.april fra <https://images.app.goo.gl/BZ67sSF2uotGPScb8>
- Bjørheim, K. (2020). *Utvikler ekte, digital tvilling: Roboter og droner oppdaterer byggemodellene i sanntid*. TU. Hentet 13.april fra <https://www.tu.no/artikler/utvikler-ekte-digital-tvilling-roboter-og-droner-oppdaterer-byggemodellene-i-sanntid-br/497583>
- Bradley, A., Li, H., Lark, R. & Dunn, S. (2016). BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. *Automation in Construction*, 71, 139-152. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.019>
- Bråthen, K. (2015). Collaboration with BIM - Learning from the front runners in the Norwegian industry. *Procedia Economics and Finance*, 21, 439-445. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00197-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00197-5)
- Bråthen, K. (u.å.). *Combining BIM and Lean Construction: Towards enhanced collaborative working?* [Doctor thesis, Norwegian University of Science and Technology].

- Bråthen, K., Flyen, C., Moland, L., Moum, A. & Skinnarland, S. (2017). SamBIM. Bedre samhandling i byggeprosessen med BIM som katalysator. Hovedrapport.
- Buchanan, L. & O'Connell, A. (2006). A brief history of decision making. *Harvard business review*, 84(1), 32-132.
- Bygg21. (2019a). Flinke folk på riktig plass til rett tid. Hentet 3.april fra: https://bygg21.no/wp-content/uploads/2021/03/00000_interaktiv_arb.gr_.6_veileder_kompetanse.pdf
- Bygg21. (2019b). *Tenk nytt – bruk kjente løsninger*. Bygg21. Hentet 3.april fra: https://bygg21.no/wp-content/uploads/2021/03/00000_interaktiv_arb.gr_.5_veileder_industrialisering.pdf
- Bygg.no. (2016). *Nå starter fulldigitaliseringen i Nye Veier*. Hentet 20.april fra <http://www.bygg.no/article/1294853>
- Caillaud, B. & Tirole, J. (2007). Consensus building: How to persuade a group. *American Economic Review*, 97(5), 1877-1900. <https://doi.org/10.1257/aer.97.5.1877>
- Centre-Line-Studio. (2019). *BIM standards*. Hentet 09.april fra <https://centrelinestudio.com/bim-standards/>
- Chao, X., Kou, G., Peng, Y. & Viedma, E. H. (2021). Large-scale group decision-making with non-cooperative behaviors and heterogeneous preferences: An application in financial inclusion. *European journal of operational research*, 288(1), 271-293. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.05.047>
- Chen, K. (2015). *A strategic decision making framework for organisational BIM implementation* [Doctor thesis, Cardiff University].
- Cherkaoui, H. (2017). *A history of BIM*. Lets Build. Hentet 22.januar fra <https://www.letsbuild.com/blog/a-history-of-bim>
- Chugh, D. (2004). Societal and managerial implications of implicit social cognition: Why milliseconds matter. *Social Justice Research*, (17(2)).
- Cohen, C. B. (2005). *Project management decision making: blending analysis and intuition*. Paper presented at PMI® Global Congress 2005, —Latin America, Panama City, Panama. Hentet 17.februar fra: <https://www.pmi.org/learning/library/pm-decision-making-analysis-intuition-7492>
- Dibaba, D. Z. (2018). *Modell for kontroll av innlevert FDV-dokumentasjon for bygg* [UiT Norges arktiske universitet].

- Drevland, F. & Svalestuen, F. (2013). *Towards a framework for understanding and describing the product value delivered from construction projects*. Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013; 1:103-113,
- Eastman, C., Teicholz, P. M., Sacks, R. & Lee, G. (2018). *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (3. utg.). Wiley.
- Ellingsen, A. R. (2013). *Byggherrebeslutninger i prosjekter som bruker BIM* [NTNU]. Hentet 15.februar fra:
http://ibim.no/student/2013_NTNU_Alette_Rosnæs_Ellingsen/2013_NTNU_Alette_Rosnæs_Ellingsen.pdf
- Emmerling, T. & Rooders, D. (2020). 7 strategies for better group decision-making. 2021(12.april). <https://hbr.org/2020/09/7-strategies-for-better-group-decision-making>
- Fanti, M. P., Iacobellis, G., Ukovich, W., Boschian, V., Georgoulas, G. & Stylios, C. (2015). A simulation based decision support system for logistics management. *Journal of Computational Science*, 10, 86-96.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jocs.2014.10.003>
- Flager, F. & Haymaker, J. (2007). *A comparison of multidisciplinary design, analysis and optimization processes in the building construction and aerospace industries*. 24th International Conference on Information Technology in Construction, Maribor, Slovenia,
- Fløisbonn, Skeie, Uppstad, Markussen & Sunesen. (2018). *MMI - Modell modenhets indeks*. R. I. Forening. Hentet 9.mars fra <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/11/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf>
- Francesca, G. (2016). What we miss when we judge a decision by the outcome. *Harvard Business Review Digital Articles*, 2.
- Gauslaa, D. (2018). *Kan virksomheten din dra nytte av digitale tvillinger og digitale tråder?* Oslo Business Forum. Hentet 1.mai fra <https://www.obforum.com/lederblick/hege-skryseth-kan-virksomheten-din-dra-nytte-av-digitale-tvillinger-og-digitale-trader>
- Grimsmo, E. (2008). *Hvordan unngå prosjekteringsfeil*. COWI.
- Grytting, I., Svalestuen, F., Lohne, J., Sommerseth, H., Augdal, S. & Lædre, O. (2017). Use of LoD decision plan in BIM-projects. *Procedia Engineering*, 196, 407-414.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.217>
- Higgins, E. T. (2000). Making a good decision: Value from fit. *American Psychologist*, 55(11), 1217-1230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.11.1217>

- Hill, G. W. (1982). Group versus individual performance: Are N + 1 heads better than one? *Psychological Bulletin*, (91(3)), 517-539.
- ITB Guiden. (u.å.). *BIM*. Hentet 29.april fra <http://www.itbguiden.no/tverrfaglig-koordinering/bim/>
- Jacobsen, D. I. & Thorsvik, J. (2007). *Hvordan organisasjoner fungerer* (3. utg.). Fagbokforl.
- Jacobsen, D. I. & Thorsvik, J. (2019). *Hvordan organisasjoner fungerer* (5. utg.). Fagbokforlaget.
- Jakhelln, B. B. (2020). *ISY Prosjekt bidrar til å gjøre den digitale fremtiden for BA-næringen enklere*. Norconsult. Hentet 09.april fra <https://www.norconsult.no/aktuelt/nyheter/isy-prosjekt-bidrar-til-a-gjore-den-digitale-fremtiden-for-ba-naringen-enklere/>
- Janis, I. (1991). Groupthink. I *A first look at communication theory* (s. 235-246). McGrawHill.
- Johannessen, A., Christoffersen, L. & Tufte, P. A. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (5. utg.). Abstrakt.
- Johannessen, T. S. (2018). *Byggebransjens nye BIM-dimensjoner skal gi bedre kontroll på tidsbruk, sikkerhet og kostnader*. TU. Hentet 13.april fra <https://www.tu.no/artikler/byggebransjens-nye-bim-dimensjoner-skal-gi-bedre-kontroll-pa-tidsbruk-sikkerhet-og-kostnader/446556>
- Justice, T. & Jamieson, D. W. (2012). *The facilitator's fieldbook*. AMACOM.
- Kahneman, D. (2013). *Tenke, fort og langsomt*. Pax.
- Kalsaas, B. T. (2012). The last planner system style of planning: Its basis in learning theory. *Journal of engineering, project, and production management*, 2(2), 88-100. <https://doi.org/10.32738/JEPPM.201207.0005>
- Kalsaas, B. T. (2017). *Lean construction : forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Fagbokforl.
- Kalsaas, B. T. & Sacks, R. (2011). Conceptualization of interdependency and coordination between construction tasks. *19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Lima, Peru 13-15 Jul 2011*.
- Kelly, A. (2003). Decision making using game theory: An introduction for managers. *Decision Making Using Game Theory: An Introduction for Managers*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511609992>

- Kildekompasset. (u.å.). *Hva er kildekritikk?* Hentet 15.april fra <https://kildekompasset.no/kildekritikk/>
- Knotten, V. & Svalestuen, F. (2014). *Implementing virtual design and construction (VDC) in Veidekke - using simple metrics to improve the design management process*. Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean, Oslo, Norway.
- Kugler, T., Kausel, E. E. & Kocher, M. G. (2012). Are groups more rational than individuals? A review of interactive decision making in groups. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*, 3(4), 471-482. <https://doi.org/10.1002/wcs.1184>
- Kvålshaugen, R., Sward, A., Djupvik-Flaa, P., Stenberg, S. & Virgenes, U. (2021). *Gjentakende samarbeid i utbyggingsprosjekter: Skaper det verdi og i så fall hvilke verdier og hvordan?* [Handelshøyskolen BI]. Hentet 14.april fra: https://www.prosjektnorge.no/wp-content/uploads/2021/02/Sluttrapport-Gjentakende_-arbeid_final.pdf
- Lamm, H. & Trommsdorff, G. (1973). Group versus individual performance on tasks requiring ideational proficiency (brainstorming): A review. *European Journal of Social Psychology*, 3(4), 361-388. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ejsp.2420030402>
- Leite, F., Akcamete, A., Akinci, B., Atasoy, G. & Kiziltas, S. (2011). Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. *Automation in Construction*, 20(5), 601-609. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.11.027>
- Leite, F. L. (2020). *BIM for design coordination : a virtual design and construction guide for designers, general contractors, and subcontractors* (1. utg.). Wiley.
- Li, H., Lu, W. & Huang, T. (2009). Rethinking project management and exploring virtual design and construction as a potential solution. *Construction management and economics*, 27(4), 363-371. <https://doi.org/10.1080/01446190902838217>
- Love, P. E. D., Simpson, I., Hill, A. & Standing, C. (2013). From justification to evaluation: Building information modeling for asset owners. *Automation in Construction*, 35, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.008>
- Lu, W., Zhang, D. & Rowlinson, S. (2013). *BIM collaboration: A conceptual model and its characteristics*. Proceedings of the 29th Annual Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) Conference,
- Løkås, E. T. (2014). *Tilrettelegging for god kunnskapsoverføring mellom prosjektering og produksjon i totalentrepriseprosjekter* [NMBU].

- Meland, Ø. H. (2000). *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko* [NTNU].
- Michaelsen, L. K., Watson, W. E. & Black, R. H. (1989). A realistic test of individual versus group consensus decision making. *Journal of applied psychology*, 74(5), 834-839. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.74.5.834>
- Miettinen, R. & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>
- Mork, J. H. (2020). *Parametric timber detailing a parametric toolkit customized for detailing fabrication-ready timber structures* [NTNU].
- Mostafa, K. & Leite, F. (2018). *Evolution of BIM adoption and implementation by the construction industry over the past decade: a replication study*. <https://doi.org/10.1061/9780784481264.018>
- Norconsult. (u.å.). *Om Norconsult*. Hentet 14.mars fra <https://www.norconsult.no/om-oss/om-norconsult/?targetId=cbody&method=insert>
- NTNU. (u.å.). *Finne kilder*. Hentet 15.april fra <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder#section-Finne+kilder-Hvordan+velger+jeg+ut+kilder?>,
- Nye Veier. (2017). *Detaljreguleringsplan for E39 Søgne øst – Mandal øst*. Hentet 21.mars fra <https://www.nyeveier.no/media/1182/e39-soegne-oest-mandal-oest-planbeskrivelse.pdf>
- Nye Veier. (u.å.-a). *E39 Kristiansand vest – Mandal øst*. Hentet 20.mars fra <https://www.nyeveier.no/prosjekter/e39-sorvest/e39-kristiansand-vest-mandal-ost/>
- Nye Veier. (u.å.-b). *Om oss*. Hentet 20.mars fra <https://www.nyeveier.no/om-oss/>
- Olsvik, E. (2018). *Konsensus*. Store Norske Leksikon. Hentet 12.april fra <https://snl.no/konsensus>
- Palomares, C. I. (2018). *Large group decision making: Creating decision support approaches at scale*. Cham: Springer International Publishing AG.
- Quirk, V. (2012). *A brief history of BIM*. ArchDaily. Hentet 11.Jan fra <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>
- Rogelberg, S. G., Barnes-Farrell, J. L. & Lowe, C. A. (1992). The stepladder technique: An alternative group structure facilitating effective group decision making. *Journal of applied psychology*, 77(5), 730-737. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.77.5.730>

- Rolstadås, A., Olsson, N., Johansen, A. & Langlo, J. A. (2020). *Praktisk prosjektledelse: fra idé til gevinst* (2. utg.). Fagbokforlaget.
- Sameer, B., Åsa, S. & Harald, K. (2016). Managing project interdependencies in IT/IS project portfolios: a review of managerial issues. *International journal of information systems and project management*, 4(1), 67-82. <https://doi.org/10.12821/ijispm040104>
- Samset, K. F. (2014). *Prosjekt i tidligfasen: valg av konsept* (2. utg.). Fagbokforlaget.
- Samtidig Prosjektering. (u.å.-a). *Samtidig prosjektering*. Norges Forskningsråd. Hentet 29. mars fra <https://www.samtidigprosjektering.no>
- Samtidig Prosjektering. (u.å.-b). *Visualisering*. Samtidig Prosjektering. Hentet 29.mars fra <https://www.samtidigprosjektering.no/visualisering/>
- Sebastian, R. (2011). Changing roles of the clients, architects and contractors through BIM. *Engineering, construction, and architectural management*, 18(2), 176-187. <https://doi.org/10.1108/09699981111111148>
- Simon, H. A. (1997). *Administrative behavior : a study of decision-making processes in administrative organization* (4. utg.). Simon & Schuster Free Press.
- Standard Norge. (2020). *Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) - Informasjonsforvaltning med BIM* (Del 1: Begreper og prinsipper (ISO 19650-1:2018), Issue. Standard Norge.
- Stanovich, K. E. & West, R. F. (2000). *Individual differences in reasoning: Implications for the rationality debate*. Behavioral & Brain Sciences.
- Suhr, J. (2000). Basic principles of sound decision making. *The Institute for Decision Innovations, Inc.*
- Saaty, T. L. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (L. G. Vargas, Red. 2. utg., Bd. 175). Springer US : Imprint: Springer.
- Teknisk Ukeblad. (2019). *AF-gruppen og Norconsult utviklet nytt 3D-verktøy: – Vi fant ikke det vi trengte på software-markedet*. Hentet 20.april fra <https://www.tu.no/artikler/af-gruppen-og-norconsult-utviklet-nytt-3d-verktoy-vi-fant-ikke-det-vi-trengte-pa-software-markedet-br/478859>
- Tjora, A. H. (2018). *Viten skapt : kvalitativ analyse og teoriutvikling*. Cappelen Damm akademisk.
- Tjora, A. H. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4. utg.). Gyldendal.

- Utpal, D. (2017). *What is a «good» decision?* Psychology today. Hentet 5.mai fra <https://www.psychologytoday.com/us/blog/the-science-behind-behavior/201707/what-is-good-decision>
- Wagner, C. (1978). Consensus through respect: A model of rational group decision-making. *Philosophical studies*, 34(4), 335-349. <https://doi.org/10.1007/BF00364701>
- Wang, X., Mancini, M., Nepal, M., Chong, H.-Y., Skitmore, M. & Issa, R. (2015). Call for papers: Special theme on: Advances in building information modeling (BIM) for construction projects. *International Journal of Project Management*, 33(3), 479-480. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.08.001>
- WEF. (2016). Shaping the future of construction: A breakthrough in mindset and technology. *World Economic Forum*.
- Westgaard, H., Arge, K. & Moe, K. (2010). *Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse*. Arkitektbedriftene i Norge.
- Wu, X., Nie, S., Liao, H. & Gupta, P. (2020). A large-scale group decision making method with a consensus reaching process under cognitive linguistic environment. *International transactions in operational research*. <https://doi.org/10.1111/itor.12843>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: design and methods* (6. utg.). SAGE.

Vedlegg

Intervjuguide

– Masteroppgave E39 Kristiansand – Mandal

1. Hva er din stilling, og hvilke arbeidsoppgaver har du?
2. Hva er din rolle i prosjektet E39 Kristiansand – Mandal?

Beslutningstilnærminger og rasjonalitet

3. Kan du forklare beslutningsprosessene dere har i plenum?
4. Hvem tar beslutninger? Tas beslutninger av en leder eller i fellesskap?
5. Brukes BIM i prosjekteringsmøter, og hvordan?

Samhandling og problemløsning

6. Hvordan foregår prosessen ved å utarbeide alternativer?
7. Hvordan bruker dere BIM ved utarbeidelse av alternativer?
8. Hva er din erfaring med bruk av BIM? Hvordan har du brukt BIM?
9. Har du hatt nytte av en felles plattform? ref. BIM + prosjekthotell
10. Hvordan har en felles plattform påvirket kommunikasjon?
11. Har BIM medført nye måter å samarbeide på?
12. Hvordan påvirker BIM koordineringen av forskjellige fagfelt?

Kommunikasjon

13. Hvordan bidrar BIM til å visualisere ulike løsninger og alternativer?
14. Hvordan påvirker BIM informasjonsflyten mellom ulike aktører i prosjekteringsfasen?
15. Hvordan påvirker BIM forståelsen av egen og andre fagfelts løsninger?
 - a. Har BIM noe å si for enighet/konsensus om løsninger?

Informasjon

16. Hvordan påvirker BIM detaljeringsnivået på underlaget?
17. Brukes modningsnivå i beslutningsprosesser, og evt. hvordan?
18. Hvordan påvirker BIM oversikten over forskjellige alternativer og løsninger?
19. Har BIM gitt bedre tilgang til ønskelig informasjon i beslutninger?
 - a. Hvordan påvirker dette usikkerheten i valgene?

Eventuelt / refleksjon

20. Har du noen andre innspill du vil trekke frem som særlig viktige i beslutningsprosesser?
21. Har du noen andre innspill du vil trekke frem om bruk av BIM i beslutningsprosesser?