



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2021 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Evaluering av prosjektstyringen i vann- og avløpsbransjen ved implementering av MMI

Evaluation of project management in the water and
wastewater industry with the implementation of MMI

Konrad Leonard Hagen
Vann- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på en mastergrad på studiet Vann- og miljøteknikk ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet, NMBU. Oppgaven er skrevet i tidsrommet januar til juni 2021.

Oppgaven er skrevet for, og i samarbeid med Asplan Viak AS, og er utarbeidet som en del av Asplan Viak-programmet der jeg fikk muligheten til å ha sommerjobb på deres kontorer i Sandvika sommeren 2020. Det var gjennom denne sommerjobben og videre samtaler med Asplan Viak at bakgrunnen for oppgaven ble bestemt. Asplan Viak ønsker å være fremtidsrettet og utvikle bransjen. Det var på dette grunnlaget at en retning innenfor BIM og modellbasert prosjektstyring ble bestemt. Videre kom det frem at Asplan Viak ønsket å se på muligheten for å implementere MMI for sine VA-prosjekter og oppgaven ble tilspisset deretter.

Fra før hadde jeg noe kunnskap innen BIM og modellbaserte prosjekter gjennom bachelorgraden min som byggingeniør ved UiA, men var ikke kjent med MMI. Jeg var allerede interessert i BIM og ble underveis nysgjerrig på hvordan MMI kan påvirke VA-bransjen, og kommer definitivt til å følge utviklingen videre.

Jeg ønsker å rette en takk til min veileder i Asplan Viak; Beate Akselsen, som jobbet sammen med meg for å tilspisse oppgaven og har hjulpet meg gjennom hele løpet. Jeg vil også takke alle de andre i Asplan Viak som har tatt seg tid til å hjelpe meg å opparbeide kunnskap gjennom samtaler og andre bidrag. I tillegg en takk til alle som tok seg tid til å bli intervjuet.

Videre vil jeg takke min veileder ved NMBU; Ulf Rydningen, som alltid har vært behjelpelig, og veiledet meg ved oppgavens oppsett og gjennomføring.

Grunnet pandemien har ikke dette vært et vanlig semester, år eller studieløp. Jeg vil derfor også gi en stor takk til alle som har bidratt til å gjøre denne tiden så god som mulig.

Ås, juni 2021

Konrad Leonard Hagen

Sammendrag

Moderniseringen av vann- og avløpsbransjen er på agendaen, og blant annet skiftet fra tradisjonelle 2D-tegninger til 3D-modeller er godt i gang. Digitaliseringen ved bruk av modeller og BygningsInformasjonsModellering, eller BIM, er det neste steget mot fremtiden i VA-bransjen.

Med BIM og modellbasert arbeid er det naturlig at arbeidsmetodikk og prosesser også utvikles. Det blir hele tiden forsøkt å utvikle verktøy som skal effektivisere og øke kontrollen i prosjekter. Et slikt hjelpemiddel er ModellModenhetsIndeks (MMI) som bidrar gjennom å måle modenheten, eller fremdriften, i modeller ved hjelp av nivåer i form av tallkoder. Denne metoden å utføre prosjekter på er ny, men har begynt å bli utbredt i byggebransjen og har gitt gode resultater gjennom tidsbesparelse og bedre koordinering mellom aktører og ulike fag.

Asplan Viak AS har sett på mulighetene for å innføre MMI i sine VA-prosjekter, men det er til nå gjort mye forskning på MMI i VA-bransjen. I samarbeid med Asplan Viak skal denne oppgaven forsøke å definere hvordan MMI kan bli benyttet i VA-prosjekter, og om det vil lønne seg. Med utgangspunkt i denne tilnærmingen er følgende problemstilling utformet:

Hva slags påvirkning kan MMI ha på prosjektstyringen i vann- og avløpsprosjekter?

Det er også utarbeidet tre forskerspørsmål som skal besvares for å danne grunnlaget for en endelig konklusjon på problemstillingen. Disse tre er:

- Hva slags tilnærming har VA-bransjen til BIM og modellbaserte prosjekter?
- Hvordan kan MMI bli implementert i VA-prosjekter?
- Er MMI hensiktsmessig i VA-prosjekter sett i forhold til kost-nytte?

Gjennom kvalitative forskningsmetoder i form av litteraturgjennomgang, intervjuer og casestudie av et prosjekt blir det formet et bilde av hvordan MMI kan se ut i den norske VA-bransjen. Litteraturen blir benyttet til å forstå hva nytten av MMI er og hvordan det har blitt tatt i bruk i andre bransjer. Gjennom intervjuene blir VA-bransjens tilnærming til prosjektstyring og bruk av modell kartlagt. Resultatene fra litteraturen og intervjuene blir

knyttet opp mot prosjektet i casestudiet der det blir sett på hvordan MMI kunne påvirket gjennomføringen.

Funnene tyder på at BIM og modeller i hovedsak blir benyttet av de prosjekterende, men at det fortsatt blir brukt tegninger i den utøvende fasen av VA-prosjekter. Dette gir i praksis dobbelt så stor arbeidsmengde for de prosjekterende, og fører til at det kan bli vanskelig å implementere MMI da denne metodikken krever tett koordinering i modellen mellom aktører. De intervjuede er allikevel positivt innstilt til implementering av MMI, men ser at det fortsatt er utfordringer som må håndteres. Dersom MMI skal benyttes optimalt er det nødvendig med et tett samarbeid mellom prosjekterende og utøvende. Det er også nødvendig med god prosjektplanlegging og Last Planner er funnet som et planleggingsverktøy som vil kunne fungere godt. Dersom prosesser legger til rette for innføringen av MMI, kan dette føre til tidsbesparelser gjennom færre møter og mindre tilleggskommunikasjon mellom fag. Kommunikasjonen utføres i større grad i selve modellen og gir dermed verdiskapning i prosjektet.

Gjennom funnene tyder det på at det vil være hensiktsmessig å vurdere detaljeringen av MMI på bakgrunn av prosjektets størrelse. I større, langvarige og mer kompliserte prosjekter vil det være mer kostnadseffektivt å innføre mer detaljert MMI, enn i mindre prosjekter der det vil være mer hensiktsmessig å bestemme MMI-nivåer over større områder. Dette blir også påvirket av at programmene som blir benyttet i VA-bransjen til en viss grad ikke er tilrettelagt godt for bruk av MMI.

Totalt sett konkluderes det med at MMI kan føre til tidsbesparelser for de prosjekterende ved effektivisering av prosjektstyringen, men at det for VA-bransjen må en viss modning til for at MMI skal være hensiktsmessig å innføre.

Abstract

The modernization of the water and wastewater industry is on the agenda and the shift from traditional 2D drawing to 3D models among other, is well underway. Digitalization through the use of models and Building Information Modeling, or BIM, is the next step towards the future of the water sector.

With BIM and model-based work, it is natural that work methods and processes are also developed. There are therefore constantly made attempts at developing tools that will streamline and increase the control of projects. One such tool is Model Maturity Index (MMI), which contributes to this through measuring the maturity, or progress, of models using levels in the form of number codes. This way of carrying out projects is new but is beginning to gain some traction in the construction industry and has given good results through time saving and better coordination between different disciplines.

Asplan Viak AS has looked into the possibilities of introducing MMI in its water projects, but there is yet to be done much research on MMI in the water industry. In collaboration with Asplan Viak, this thesis will look into how MMI can be utilized in water projects and if it is in any way profitable. Based of off this issue the approach to the problem has been formulated as:

What kind of an impact can MMI have on the project management in water and wastewater projects?

There has also been prepared three research questions that will be answered to form the basis for the final conclusion. These three are:

- What kind of approach does the water industry have on the use of BIM and model-based projects?
- How can MMI be implemented in water and wastewater projects?
- Will MMI contribute to value in water projects compared to the challenges?

A picture of how MMI can look like in the Norwegian water industry will be formed through qualitative research methods in the form of a literature review, interviews and a case study of a project. The literature is used to get an understanding what the usefulness

of MMI is and how it has been implemented in other industries. Through the interviews the current water sector's approach to project management and usage of models is examined. The results from the literature and the interviews are connected to the project in the case study, where it will be used to look at how MMI could have influenced the project.

The findings indicate that BIM and models are mainly used by the project designers, but that drawings are still used in the construction phase of water projects. This means that the project designers are required to do twice as much work and leads to difficulties in implementing MMI as this methodology requires close coordination, in the model, between all people involved in the project. The interviewees are nevertheless positive about the implementation of MMI, but understand that there are still challenges that must be addressed. If MMI is to be used optimally, it is necessary to work closely between designers and contractors. There is also necessary with well thought out project planning and Last Planner has been found to be a well working planning tool. If good processes facilitate the introduction of MMI there is time to be saved through fewer meetings and less additional communication. Communication is carried out in the model itself to a greater extent, and thus provides direct value to the project.

Through the findings there is an indication that it will be necessary to assess the detailing of MMI on the basis of the project's size. In larger, long term and more complicated projects there will be more to be gained from a more detailed MMI, than in smaller projects where it will be more appropriate to determine MMI levels over larger areas. This is also affected by the fact that the programs which are used in the water industry are to some extent not well adapted enough for use of MMI.

Overall, it is concluded that MMI can lead to time savings for the project designers by streamlining the project management, but that the water and wastewater industry requires a certain maturation for MMI to be valuable enough to introduce.

Innholdsfortegnelse

FORORD	II
SAMMENDRAG	IV
ABSTRACT	VI
INNHOLDSFORTEGNELSE	IX
FIGURER	XI
TABELLER	XI
1 INTRODUKSJON	1
1.1 MOTIVASJON OG PROBLEMSTILLING.....	1
1.2 STRUKTUR.....	3
1.3 AVGRENSINGER.....	3
2 BAKGRUNN OG TEORI	5
2.1 BIM.....	6
2.1.1 <i>BIM-modeller</i>	7
2.2 PROSJEKTSTYRING.....	8
2.2.1 <i>Faseinndeling</i>	10
2.2.2 <i>Prosjektnedbrytningsstruktur</i>	11
2.2.3 <i>Avhengigheter</i>	12
2.2.4 <i>LEAN</i>	14
2.2.5 <i>Last Planners prinsipper i prosjekt</i>	14
2.2.6 <i>Prosjektstyring med Last Planner</i>	15
2.2.7 <i>Styring i Last Planner kontra tradisjonell metode</i>	15
2.3 AKTØRENE.....	16
2.3.1 <i>Byggherre</i>	16
2.3.2 <i>Konsulent</i>	16
2.3.3 <i>Entreprenør</i>	17
2.4 ENTREPRISEFORMER.....	17
2.4.1 <i>Utførelsesentreprise</i>	17
2.4.2 <i>Totalentreprise</i>	18
2.5 INFORMASJONSFLYT.....	18
2.5.1 <i>Filformater</i>	19
2.6 PROGRAMVARE/VERKTØY.....	20
2.6.1 <i>AutoCAD</i>	20
2.6.2 <i>Novapoint</i>	21
2.6.3 <i>Navisworks</i>	22
2.7 MODELLBASERT STYRING OG MMI.....	22

2.7.1	<i>LoD</i>	22
2.7.2	<i>MMI</i>	23
2.7.3	<i>MMI i praksis</i>	25
2.7.4	<i>MMI i Norge</i>	26
2.7.5	<i>MMI for vann og avløp</i>	28
3	METODE	32
3.1	LITTERATURGJENNOMGANG	32
3.2	INTERVJUER.....	33
3.2.1	<i>Feilkilder</i>	35
3.3	CASESTUDIE.....	35
3.3.1	<i>Programvare</i>	37
4	RESULTATER OG DISKUSJON	38
4.1	PROSJEKTETS GJENNOMFØRING	38
4.1.1	<i>Tidslinje</i>	38
4.1.2	<i>Bruk av modell</i>	40
4.1.3	<i>Avhengigheter</i>	42
4.1.4	<i>Planlegging av prosjektet</i>	44
4.2	DAGENS TILNÆRMING TIL BIM.....	45
4.2.1	<i>Erfaringer med BIM</i>	45
4.2.2	<i>Bruken av BIM i Ryen-prosjektet</i>	47
4.2.3	<i>Leveranser og revisjoner av modell</i>	48
4.3	MMI I PROSJEKT	51
4.3.1	<i>Erfaringer med MMI</i>	51
4.3.2	<i>Bruken av MMI</i>	52
4.3.3	<i>Endring av MMI-nivåer</i>	54
4.3.4	<i>Oppdeling av MMI-nivåene</i>	55
4.3.5	<i>MMI i Ryen-prosjektet</i>	56
4.3.6	<i>Prosjektets omfang</i>	57
4.3.7	<i>Tidsbesparelse</i>	58
4.4	PROGRAMVARE	59
4.4.1	<i>Problemer ved programvaren</i>	59
4.4.2	<i>Muligheter i programvaren</i>	60
5	KONKLUSJON	65
5.1	VIDERE ARBEID	67
	REFERANSER	70
	VEDLEGG	73

Figurer

Figur 1: Visualisering av MMI sine koblinger mot andre aspekter i et prosjekt.....	5
Figur 2: Styringsløyfen (Westhagen et al., 2008).	9
Figur 3: "Neste steg", Bygg21 sitt rammeverk for gjennomføring av norske byggeprosjekter (Bygg21, 2016).	11
Figur 4: Eksempel på PNS i et husbyggingsprosjekt (Ledelsesspire, 2013).	12
Figur 5: Ulike typer avhengigheter mellom aktiviteter (Knotten et al., 2015).	12
Figur 6: Utviklingen fra tradisjonell informasjonsutveksling i prosjekt til BIM som felles informasjonsmottaker. (Basert på figur fra Østby-Deglum et al. (2013)).....	13
Figur 7: Prosessen som MMI baserer seg på (Fløisbonn et al., 2018).	24
Figur 8: Skanska sin prosjekteringsplan med MMI-nivåer som milepæler (Nøklebye, 2018).....	25
Figur 9: Skanska sin tilnærming til MMI (Nøklebye, 2018).	27
Figur 10: Veidekke sin tilnærming til MMI i prosjektet E6 Ankvern - Moelv (Nøklebye, 2018)	28
Figur 11: Revidert prosess som MMI baserer seg på (Norheim et al., 2020).....	29
Figur 12: Utklipp av fagvis MMI-tabell (Norheim et al., 2020).....	30
Figur 13: Oversiktsbilde over planlagt "Sykkelveg E6 - Enebakkveien. Parsell Del 1 Ryenkrysset-Simensbråtveien.....	36
Figur 14: Mappedstruktur på prosjektserveren.....	49
Figur 15: Presentasjon av MMI-nivåer i modell. Rød er MMI100, oransje er MMI200 og gul er MMI300. ...	61
Figur 16: Presentasjon av VA-system med pålagte MMI-nivåer. Oransje er MMI200 og grått er objekter uten tillagt MMI-nivå.	62
Figur 17: Utklipp av VA-system uten tillagte MMI-nivåer. Her er blå vannledninger, grønn er avløpsledninger og grått er overvannsledninger.	63

Tabeller

Tabell 1: Tabell med oppsett av den originalt planlagte tidslinjen for Ryen-prosjektet i 2020.....	38
Tabell 2: Tabell med den faktiske tidslinjen for Ryen-prosjektet, over 2020-2021.	39

1 Introduksjon

1.1 Motivasjon og problemstilling

VA-bransjen er stadig i endring, men ligger noe bakpå når det kommer til bruk av modellbaserte verktøy i prosjekter. I byggebransjen har BIM (ByggingsInformasjonsModellering) blitt en vanlig del av deres prosjektstyring. Det har blitt konkludert med at en modelldreven prosjekteringsprosess bedrer resultater, og reduserer kostander og tidsbruk i prosjekter (Construction Industry Institute, 2019). Samferdselsbransjen beveger seg mot bruk av BIM i de fleste prosjekter (Jones et al., 2017). Det er allikevel en formodning i VA-bransjen at 2D-tegninger fortsatt blir benyttet over modeller hos de fleste aktører ute på anleggene.

For at BIM skal optimaliseres i VA-bransjen er det nødvendig å rette fokus mot samhandlingen i prosjektene. For å bidra til å effektivisere bruken av BIM, og nyttiggjøre alle mulighetene det medfører, blir det stadig utviklet nye verktøy som forsøker å forenkle prosessene og samhandlingen i prosjekter. Et slikt verktøy er MMI (ModellModenhetsIndeks).

MMI er først og fremst en metodikk for kommunikasjon (Fløisbonn et al., 2018). Metodikken prøver å etablere et felles språk som forklarer hvor «moden» en modell er. Det er altså fremgangen i prosjektet som skal måles, ved å benytte seg av modellen. Ved å benytte seg av MMI er det kontrollen og effektiviteten i prosjektet som forsøkes å bedres.

MMI er en relativ ny måte å styre prosjekter på og har blitt brukt lite i VA-bransjen. Videre i denne oppgaven skal det forklares hva BIM og MMI faktisk er, og hvordan de kan jobbe med hverandre i prosjektstyringen for å forbedre VA-prosjekter. Empirien rundt dette skal dannes ved hjelp av tilgjengelig litteratur og intervjuer med fagfolk. Dette skal også knyttes opp mot et prosjekt for å forsøke å se hvordan bruken av MMI kunne påvirket kontrollen og effektiviteten i prosjektet.

Denne oppgaven er skrevet for, og i samarbeid med Asplan Viak AS, som er et av de ledende rådgivingselskapene innen vann og avløp. Asplan Viak ønsker å se på mulighetene ved å implementere MMI i sine VA-prosjekter for å øke kontrollen og effektivisere prosjekteringsarbeidet. Ut ifra dette har følgende problemstilling blitt formulert:

Hva slags påvirkning kan MMI ha på prosjektstyringen i vann- og avløpsprosjekter?

Problemstillingen tar utgangspunkt i dagens utfordringer ved bruk av modellbaserte verktøy og prosjektstyring med BIM. For å kunne komme til en konklusjon til problemstillingen har det blitt utformet tre forskerspørsmål som benyttes til å legge et grunnlag for helheten til oppgaven. Disse spørsmålene, sammen med hvorfor de er nødvendige, er som følger:

- *Hva slags tilnærming har VA-bransjen til BIM og modellbaserte prosjekter?*

MMI baserer seg på at det ligger en forståelse for BIM til grunn. Det er også essensielt at modellen blir benyttet gjennom prosjektet for å måle fremgangen. For å bestemme hva slags innvirkning MMI kan ha på VA-bransjen, vil det derfor være nødvendig å se på hva slags tilnærming de ulike aktørene har til bruk av BIM og modeller.

- *Hvordan kan MMI bli implementert i VA-prosjekter?*

Et viktig aspekt å se på når det kommer til påvirkningen MMI kan ha på VA-prosjekter, er om det lar seg implementere på en fornuftig måte. For å finne ut hvordan gjennomføring av MMI kan se ut i VA-bransjen, vil det derfor være behov å ta for seg hvordan en tradisjonell prosjektstyring ville vært påvirket av MMI. Det vil bli tatt for seg hvordan avhengigheter på tvers av fag og aktører vil ha betydning for MMI. Hvordan MMI vil ha innflytelse på planleggingen av prosjekter vil også bli vurdert.

- *Er MMI hensiktsmessig i VA-prosjekter sett i forhold til kost-nytte?*

En viktig faktor å ta i betraktning er om implementeringen av MMI vil være verdt arbeidet som legges ned. For å vurdere dette vil det være nødvendig å se på hva verdien av MMI er og om det fører til god kost-nytte i VA-prosjekter. Det vil bli gjort vurderinger rundt tidsbesparelse ved bruk av MMI i prosjekter, om programmer er lagt til rette for bruk av MMI, samt hvilken detaljeringsgrad som skal benyttes i modellen. Det vil også bli tatt til betraktning å finne ut om det lønner seg å implementere MMI i VA-bransjen.

1.2 Struktur

Oppgavens oppbygning baserer seg på en IMRaD-struktur. Dette tilsier at det skal være en introduksjonsdel, en metodedel, en resultatdel og en del med diskusjon som avsluttes med en konklusjon. I tillegg til IMRaD-strukturen skal oppgaven inneholde en bakgrunnsdel, som vil legge frem relevant teori. Ulikt den tradisjonelle IMRaD-strukturen vil kapitlene om resultat og diskusjon bli slått sammen for å bedre leserens oversikt.

I introduksjonsdelen vil det bli forklart litt rundt bakgrunnen for denne oppgaven og hva problemstillingen betyr, samt forskerspørsmålene. Kapitlet om oppgavens bakgrunn skal legge til grunn nødvendig kunnskap for å forstå oppgavens helhet og forklare hvordan dagens situasjon ser ut. Her vil det bli presentert relevant litteratur som vil danne et bilde av oppgavens bakgrunn. Denne delen vil også ta for seg teori som vil være sentral for videre lesing. Delen rundt metode vil legge frem hvordan problemstillingen skal bli besvart. Her vil det bli sett på forskjellige måter for hvordan oppgavens resultater skal komme frem. Det vil også bli sett på eventuelle feilkilder. Resultatkapitlet vil ta for seg det som er kommet frem gjennom de valgte metodene. Disse vil bli presentert på en objektiv måte, med mindre kommentarer. Oppgavens diskusjonsdel er flettet inn sammen med resultatene. Her skal resultatene drøftes, sammenlignes og analyseres. Til slutt vil det komme en konklusjon basert på diskusjonskapitlet, og en liten del om videre arbeid som kan bygge på denne oppgaven.

1.3 Avgrensinger

Denne oppgaven er skrevet våren 2021 av én person, og har vært en gradsoppgave som er vektlagt 30 studiepoeng. For å komme frem til et konkluderende resultat innenfor denne tidsrammen har derfor oppgavens omfang blitt justert deretter. Dette har påvirket antall prosjekter og intervjuer som er gjennomgått.

De spesielle omstendighetene ved koronaviruspandemien har også påvirket arbeidet med oppgaven i noe grad. Pandemien har ført til at det ikke har vært mulighet for å følge et prosjekt nærmere, som for eksempel gjennom fysiske prosjektmøter eller å følge gjennomføringen på byggeplass. Dokumenter koblet til prosjektet har fortsatt vært tilgjengelig og intervjuene har blitt gjennomført digitalt. Det er derfor vanskelig å si om

pandemien har hatt noen vesentlig påvirkning på oppgavens konklusjon, men har i alle fall ført til en annerledes måte å jobbe seg gjennom oppgaven.

Det er gjort noen avgrensinger knyttet til oppgaven:

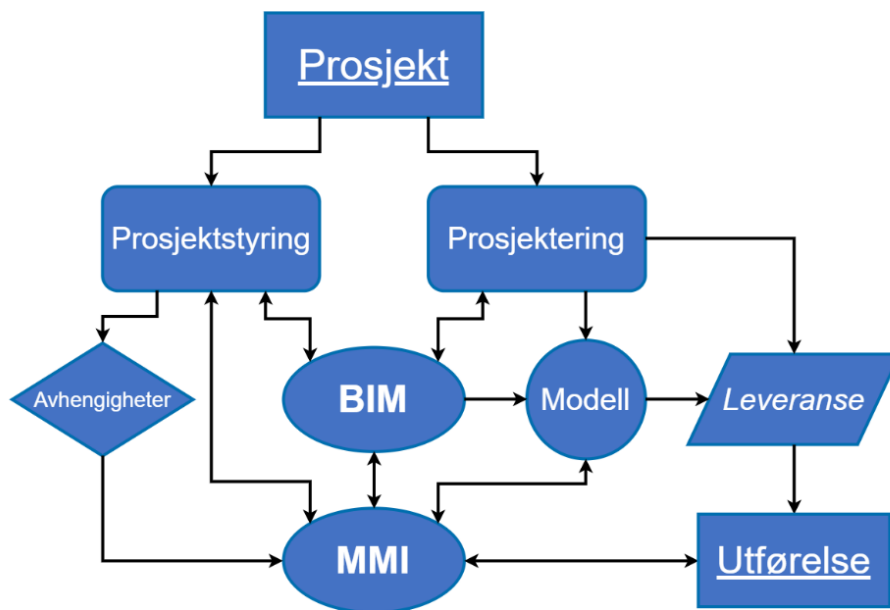
- Lite tilgjengelig litteratur om temaene innenfor VA-faget har bidratt til en bredere tilnærming til problemstillingen. På grunn av dette preges oppgavens faglige tyngde av de intervjuedes erfaringer og refleksjoner. Det er dog fortsatt benyttet relevant litteratur.
- Det er lagt lite vekt på hvordan programmene kan forbedres for å fremme tilnærmingene til BIM og MMI i VA-bransjen. Det er i hovedsak gjennomføringen som er lagt frem i oppgavens hoveddel.
- Det har ikke blitt funnet noen relevante VA-prosjekter som benytter seg av MMI i gjennomføringen. Det må derfor presiseres at de intervjuedes refleksjoner rundt MMI, i de fleste tilfeller, kun er deres egne vurderinger og ikke basert på faktiske observasjoner.
- Hvordan den praktiske gjennomføringen på byggeplass kan forbedres er ikke vektlagt i stor grad, da det ikke har vært mulig å følge denne prosessen fysisk grunnet pandemien. Det har derfor bare blitt vurdert gjennom intervjuobjektene refleksjoner.
- Grunnet samarbeidet med Asplan Viak dreier arbeidsmetodene og prosjektstyringen, som er diskutert i denne oppgaven, seg i stor grad på deres metoder. Av den grunn kan derfor konklusjonene ikke vil være like hensiktsmessige for alle bedrifter.

Målgruppen for denne oppgaven er personer med lite tidligere kjennskap til BIM og MMI. Oppgavens oppbygning og innhold er rettet mot personer med mastergrad innen vann og miljø. Det er antatt at leseren av denne gradsoppgaven er kjent med generelle bygningsprosesser og har god kjennskap til VA-faget.

2 Bakgrunn og teori

I hvilken grad brukes BIM og MMI i prosjekter i den norske vann og avløpssektoren? Hva er egentlig BIM og MMI? Hvordan brukes det i prosjektstyringen i dag og hva fins om fremtidig bruk i litteraturen? Gjennom den påfølgende litteraturgjennomgangen i dette kapittelet skal denne type spørsmål besvares. Leser vil få det nødvendige faglige grunnlaget og samtidig presenteres for oppgavens avgrensninger i forhold til bredden av feltet og det landskapet som oppgaven beveger seg inn på.

For å gi et inntrykk av hvordan MMI passer inn sammen med alle de andre delene av bakgrunnskapittelet er det forsøkt å gi en visuell oversikt i figur 1. Enkelte av prosessene i figuren er forenklet, men MMI er satt i sammenheng i et prosjekt.



Figur 1: Visualisering av MMI sine koblinger mot andre aspekter i et prosjekt.

Figuren er satt opp slik at leseren har et referansegrunnlag for hvordan MMI er knyttet til de ulike elementene i et prosjekt. Videre i dette kapittelet vil de ulike delene av figuren og hvordan disse er koblet sammen bli lagt frem.

2.1 BIM

Definisjonen på hva BIM faktisk kan være litt uklar, men kan beskrives som et verktøy eller en prosess i et prosjekt. BIM kan være en metode for å digitalisere informasjon og håndtere prosjektdata gjennom hele prosjektets livsløp. Det kan også være et verktøy for å bedre samhandling, analyse og kommunikasjon i et prosjekt (Autodesk, 2012). Forkortelsen BIM har generelt sett hatt tre vanlige definisjoner.

En av de vanligste definisjonene på hva BIM står for er «Building Information Model» (BygningsInformasjonsModell) (Eastman et al., 2011). Her er det mulig å tolke det som at det man skal frem til er selve informasjonsmodellen, hvordan den er bygd opp og hva slags informasjon man kan hente ut fra den. En annen populær definisjon er at BIM står for «Building Information Modeling» (BygningsInformasjonsModellering) (Olawumi & Chan, 2019). Her er det lagt større vekt på selve arbeidet som er lagt i grunn for å produsere en informasjonsmodell.

Det er en tredje definisjon som også blir benyttet. Denne er «Building Information Management» (BygningsInformasjonsLedelse) (McArthur, 2015). Her tar man for seg styringen av prosjektet og hvordan man best mulig kan minske feil og effektivisere prosessen. Her er også noe av innholdet å passe på at drift og vedlikehold av det som prosjekteres blir best mulig ivaretatt. Det er denne definisjonen som vil bli brukt videre i oppgaven.

BIM er ikke et nytt konsept, det kan følges tilbake til da Dr. Patrick J. Hanratty lagde det første CAD-verktøyet på slutten av 50-tallet (Cherkaoui, 2017). Det var derimot i ikke før i 1974 at definisjonen rundt BIM ble innført at Charles Eastman, som senere skulle være med å utvikle ett av de første programmene med BIM-funksjoner som å attribuere informasjon til objekter (Quirk, 2012). Nesten tre tiår senere, i 2002, begynte interessen rundt BIM å skyte fart. Dette skjedde etter at Autodesk, som er utvikler av mange modelleringsverktøy som for eksempel AutoCAD og Revit, begynte å publisere BIM-relevante artikler og startet å innføre mer BIM i sine programmer (Howell & Batcheler, 2005).

I en rapport fra Dodge Data & Analytics viser det seg at bruken av BIM økte fra 45% til 76% i infrastrukturprosjekter mellom 2011 og 2017 (Jones et al., 2017). Dette var vel

og merke seg i USA, men det viser at BIM er en økende trend i bransjen. Samme rapport viser også at en andel av samferdselsprosjekter kun bruker BIM passivt. Med passiv bruk av BIM menes det at prosjektene har innhold av BIM-metodikk, men det er ikke lagt føringer for hvordan det skal brukes av de ulike aktørene. Det er viktig å standardisere bruken av BIM i VA-prosjekter slik at det kan benyttes på en aktiv måte av alle som er involvert i prosjektet.

2.1.1 BIM-modeller

En BIM-modell er et interaktivt og intelligent system for å forenkle og effektivisere byggeprosesser (Eastman et al., 2011). Det som skiller en tredimensjonal BIM-modell fra en ordinær, digital modell er at det skal fremkomme informasjon i alle ledd av modellen (Linge, 2021). Ved en ordinær 3D-modell vil det bare være visuell informasjon, mens med et BIM-verktøy skal man få frem ytterligere informasjon, som for eksempel priser, ressursbruk, materiale, leverandørinformasjon, etc.. Det er altså struktureringen av informasjonen som gjør en BIM-modell til et veldig godt hjelpemiddel til å effektivisere prosjekter.

For å få til en fullstendig BIM-modell skal alle objektene i modellen kunne holde informasjon som enkelt kan deles til andre aktører i prosjektet. Dette kreves for at modellen skal fungere som en god, felles kunnskapsressurs (Eastman et al., 2011). BIM-verktøy bør være visuelle for å bedre samarbeid på tvers av fag og gjøre kommunikasjonen bedre. Den bør kunne bli begrenset av kriterier og standarder. I tillegg bør den være skalerbar slik at det er mulig å endre og hente ut store mengder data. Samtidig bør den også være smart nok til å finne relasjoner mellom objekter til eventuelle analyser og simuleringer (Autodesk, 2012). Alt dette kan hjelpe til å gjøre prosjekter mer økonomisk lønnsomme, mer effektive og mer bærekraftige.

I en rapport fra Construction Industry Institute (2019) kom det frem at bygg- og anleggsbransjen har vurdert modelldreven prosjekteringsprosess til å bedre resultater og redusere tidsbruk og kostnader i prosjekter. Konsulentfirmaet COWI forteller også i et intervju med veier24 at bruken av BIM har ført til at prosjekteringstiden i deres VA-prosjekter har gått betydelig ned (Veier24, 2017). Det blir forklart at dataflyten ved BIM har ført til at prosjekteringsarbeid som tradisjonelt tok uker, nå kan utføres på dager.

Det siste tiåret har det kommet frem flere ulike metoder for å definere og standardisere ulike nivåer av BIM. Her er det vanlig å prøve å få frem modenheten av BIM i forskjellige bransjer. Når man snakker om modenheten av BIM mener man hvor langt utviklingen av verktøyet har kommet og hvor mye av det som har blitt implementert. Den mest utbredte måten å bestemme modenheten til BIM er ved «UK maturity model», som ble designet av Mark Bew og Mervyn Richards i 2011. Denne modellen deler inn BIM-utviklingen i 4 nivåer (Mordue, 2019). Disse er som følger:

- Nivå 0: Her er prosjektet i uorganiserte 2D, DAK-tegninger og deles ofte på papir eller eventuelt som en PDF over E-post. Dette tilsier ingen bruk av BIM.
- Nivå 1: Her blir det brukt en blanding av 2D og 3D og filene er organisert i et fellessystem der dataene er strukturert. Dette tilsier minimumsbruken for å åpne BIM.
- Nivå 2: Her behøves det streng bruk av organiserte 3D-modeller hvor det er knyttet data opp mot modellen. Modellinformasjon skal lagres i et felles prosjekthotell. Her er det også vanlig å ta med en dimensjon om fremdrift(4D) og en om kostnad(5D). Dette tilsier avansert bruk av BIM.
- Nivå 3: Her skal det være en fullt utviklet samspillsprosess, samt en 3D-modell som skal inneholde alt av relevant informasjon. Her skal det også implementeres bruk av IFC-filer. Dimensjonene 4D og 5D skal være med her også. I tillegg skal dimensjonen om livsløpsinformasjon(6D) vært lagt inn. Dette vil føre til at drift og vedlikehold skal være ivaretatt i modellen og prosjektet er fremtidsrettet. Det kan også legges ved informasjon om prosjektets bærekraft(7D). Dette tilsier en fremtidsrettet bruk av BIM.

Hvis man i tillegg legger ved informasjon om HMS i prosjektet ender man opp med 8D (Linge, 2021).

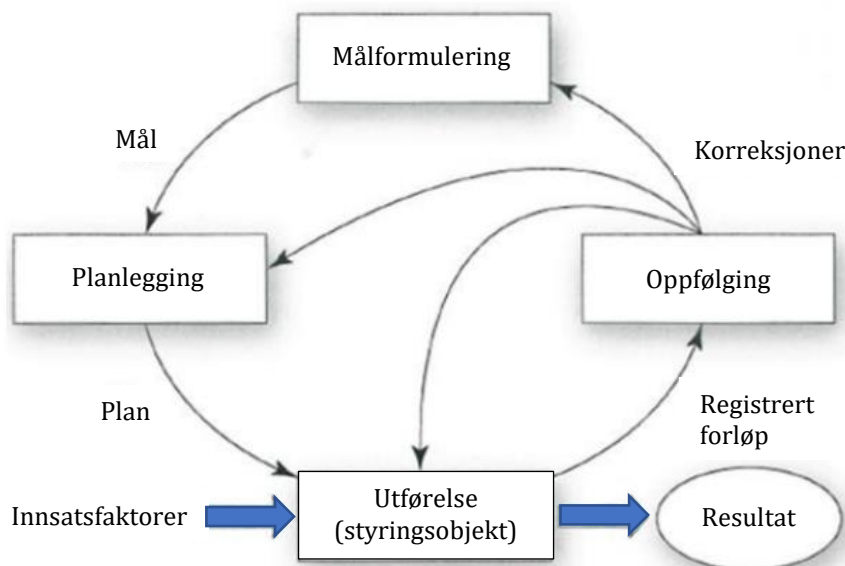
2.2 Prosjektstyring

For å forstå hvordan BIM og MMI (Modellmodenhetsindeks) virker inn på gjennomføringen av VA-prosjekter i dag og i fremtiden, skal vi først se litt på hva et prosjekt er, hvilke faser det går gjennom og hvordan prosjekter ofte styres. Det er også

interessant å se på nye trender innen prosjektstyring for å kunne plassere forskingsspørsmålene inn i en relevant og konkret kontekst.

Ordet prosjekt kommer fra det latinske ordet *projectum* som igjen kommer fra verbet *proicere*. Dette ordet deles opp i «pro» (fortrinn) og «iacere» (å gjøre) som til sammen betyr å planlegge for noe (Parija & Kate, 2018). Planlegging ligger altså til grunn for et hvert prosjekt.

Prosjektering handler om arbeidet som blir lagt ned for å utføre et prosjekt. Eksempler på arbeidet kan være å beskrive utførelsen og produsere tegninger eller modeller for prosjektet (Eriksen et al., 2010). Det kan være en eller flere prosjekterende i prosjektet fra ulike fag som skal komme opp med dokumentgrunnlaget for resultatet.



Figur 2: Styringsløyfen (Westhagen et al., 2008)(Forbedret kvalitet).

Mellom oppstart og det ønskede resultatet i prosjektet kommer utførelsen av et prosjekt. Det er her blant annet prosjekteringen kommer inn i bildet. Fra styringsløyfen i figur 2 kan man se at utførelsen består av flere faktorer. Her må man ha en målformulering for å vite hva resultatet av prosjektet skal være. Planleggingen følger målformuleringen for å komme frem til den beste måten å oppnå det ønskede resultatet. Gjennom utførelsen er det behov for oppfølging for å opprettholde planleggingen frem mot resultatet (Westhagen et al., 2008).

2.2.1 Faseinndeling

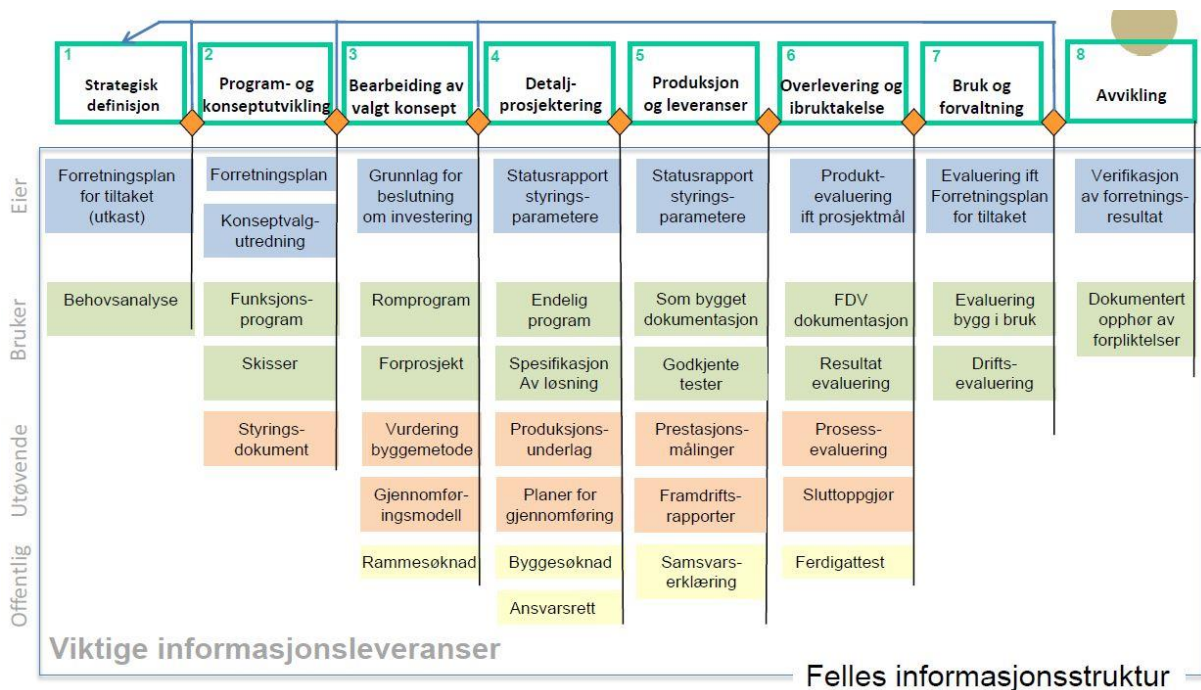
Et prosjekt går gjennom ulike faser på sin vei fra ide til gevinst og disse fasene defineres og navngis ofte ulikt. En faseplan kan også defineres som prosjektets fremdriftsplan. Faseplaner er ofte utformet ulikt av forskjellige aktører og er avhengig av om det for eksempel er kommune, Statens vegvesen eller ulike private aktører som definerer prosjektet (Nøklebye, 2018). Det er allikevel noen overordnede fasebegreper som relativt like for de fleste aktører. Disse defineres som tidligfase, prosjekteringsfase, gjennomføringsfase og driftsfase (Eriksen et al., 2010). Alle har mulighet til å inneholde flere og, mer spesifikke, underfaser og selv om de fire overordnede fasene er utformet relativt likt for de fleste aktører så fører dette fortsatt til kommunikasjonsproblemer gjennom prosjektet (Eriksen et al., 2010).

Grunnet problemene som kan oppstå ved å ikke ha et felles rammeverk å jobbe etter i faseplanleggingen har det blir forsøkt å finne en samlet standard for bransjen (Bygg21, 2016). Digitaliseringsdirektoratet (2019) har utformet det de mener hver fase i en faseplan bør inneholde. Det de kom frem til var:

- Leveranser og erfaringer fra forrige fase
- Planlagt leveranser/produkter i fasen
- Milepæler i fasen
- Bemanningsoversikt iht. ressursavtaler
- Aktivitetsplan med aktivitetsbeskrivelser og ressurser
- Budsjett for fasen
- Toleranserammer for fasen
- Fasens prosjektstyring og rapporteringsmekanismer

Disse punktene er satt opp for å kunne gi en vurdering av progresjonen gjennom prosjektet for hver fase.

Videre utviklet Bygg21 (2016) et forslag til et felles rammeverk for faseinndelinger i bygg- og anleggsbransjen. Denne fikk navn «Neste steg» og blir vist i figur 3.

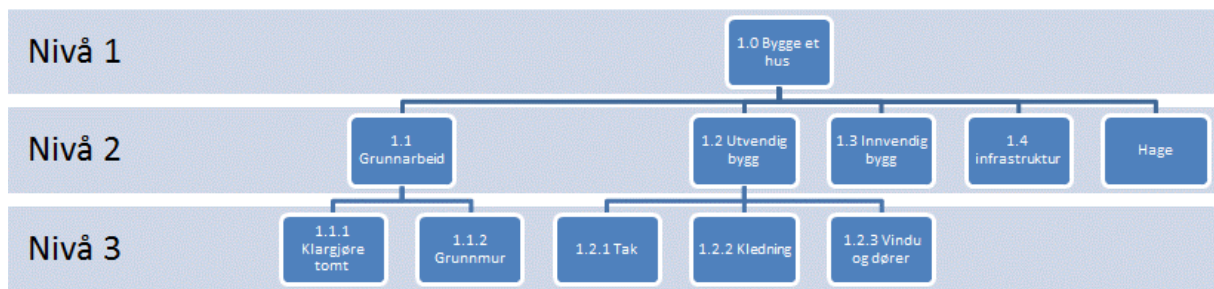


Figur 3: "Neste steg", Bygg21 sitt rammeverk for gjennomføring av norske byggeprosjekter (Bygg21, 2016).

Selv om dette rammeverket er utformet for byggebransjen, og ikke nødvendigvis er direkte overførbart til vann og avløp, så gir den en pekepinn på hva som bør ligge til grunn i de ulike fasene gjennom et VA-prosjekt. Disse fasene kan fungere som milepæler for prosjektet (Eriksen et al., 2010). Dette vil tilsa at alt arbeidet innenfor hver fase må være utført og godkjent før man kan bevege seg til den neste fasen. En slik struktur kommuniserer effektivt hva som er målet for fasen og det igjen skaper en forutsigbarhet i arbeidet for den enkelte.

2.2.2 Prosjektnedbrytningsstruktur

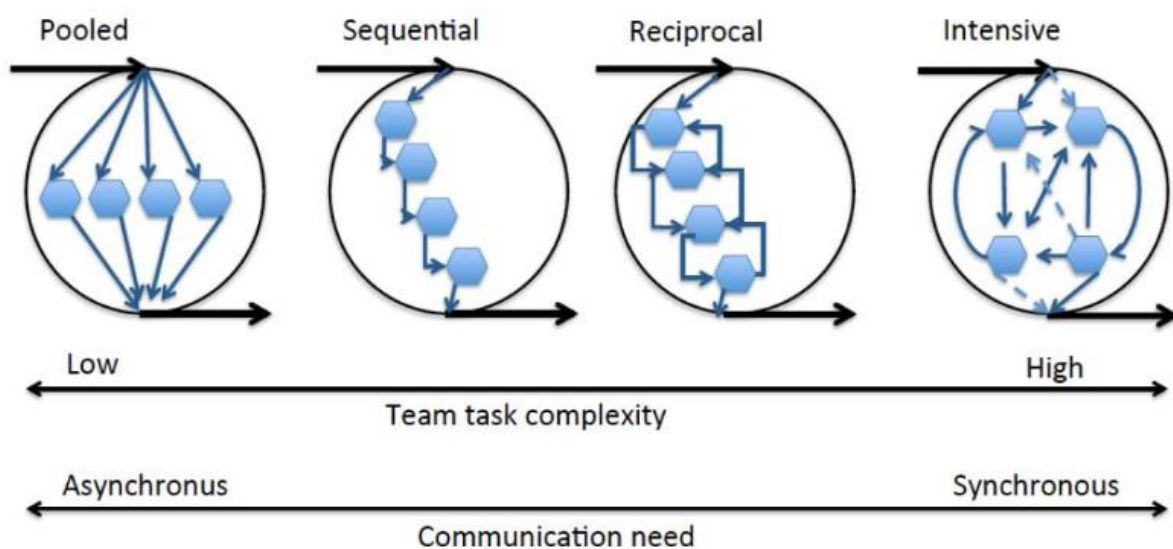
En prosjektnedbrytningsstruktur (PNS) er en måte å dele opp et større prosjekt til mindre oppgaver for å få bedre oversikt og kontroll (Hinze, 2011). Det benyttes en hierarkisk struktur for å bryte ned prosjektet, som illustrert i eksempelet i figur 4. Måten en PNS benyttes til å bryte opp prosjektet kan variere fra prosesser, oppgaver, geografisk område, fagområde eller produkter (Ledelsesspire, 2013). Til sammen skal alle arbeidspakkene i de lavere nivåene gi en helhetlig oversikt over prosjektet. En prosjektnedbrytningsstruktur er interessant å se på når det kommer til å benytte MMI i prosjekter og har blitt nevnt som essensielt for implementeringen av Norheim et al. (2020). Dette skal bli sett mer på i kapittel 2.7.5.



Figur 4: Eksempel på PNS i et husbyggingprosjekt (Ledelsesspire, 2013).

2.2.3 Avhengigheter

Prosjekteringsprosessen har blitt en kompleks prosess med mange involverte, som kan føre til usikkerhet i prosjektet dersom ikke alle fag og aktører forstår hverandre (Abou-ibrahim & Hamzeh, 2016). Ifølge Knotten et al. (2015) er det i stor grad en gjensidig avhengighet mellom projekteringsaktivitetene i et prosjekt. En avhengighet mellom fag kan for eksempel være en felles arbeidspakke, i for eksempel en PNS, eller at en entreprenør trenger tegninger for å utføre en del av prosjektet. En vanlig måte å dele opp teoretiske avhengigheter på er i additive, sekvensielle, gjensidige og intensive. Disse avhengighetene er satt opp visuelt i figur 5 på en skala fra lav til høy arbeidsgruppekompleksitet og hvor synkront kommunikasjonsnødvendigheten for avhengigheten er.

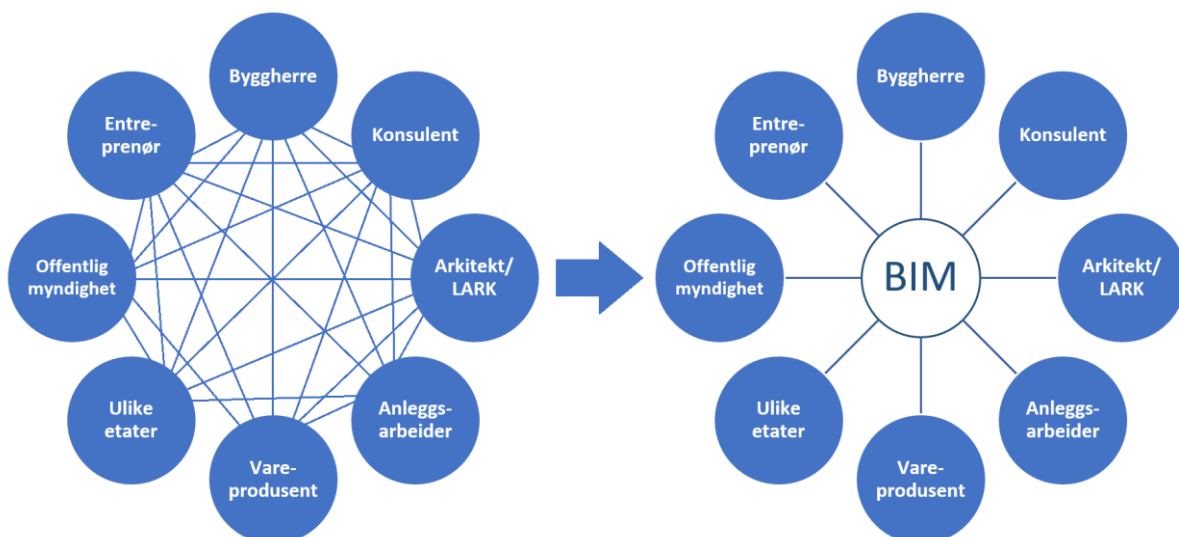


Figur 5: Ulike typer avhengigheter mellom aktiviteter (Knotten et al., 2015).

Prosjekteringsfasen av prosjektet består som regel av intensive og gjensidige avhengigheter, mens i bygningsarbeidet dreier det seg som regel om sekvensiell

avhengighet (Knotten et al., 2015). Avhengighetene i prosjekteringsprosessen er en stor utfordring og krever god koordinering og informasjonsoverføring gjennom prosjektet (Eriksen et al., 2010).

Det er viktig med god koordinering og samhandling i prosjekter, og BIM kan fungere som et godt verktøy for det. I forhold til mer tradisjonelle metoder innebærer BIM som regel at alle aktørene i prosjektet har direkte tilgang til en felles modell (Nøklebye, 2018). Dette har ført til et mer stabilt samarbeidsmiljø fordi alle har mulighet til å legge ved og hente ut informasjon i en felles datamodell. Dette blir visualisert i figur 6. Som vi ser på illustrasjonen til venstre så er det mye koordinering som må til mellom fagene i et tradisjonelt prosjekt. Til høyre samhandler alle aktørene i en felles modell og forståelsen for hverandres fag og prosesser blir lettere tilgjengelig for alle aktørene i prosjektet.



Figur 6: Utviklingen fra tradisjonell informasjonsutveksling i prosjekt til BIM som felles informasjonsmottaker. (Basert på figur fra Østby-Deglum et al. (2013))

Selv om BIM fører til en bedre samhandling i prosjektet så kan det at fagene jobber hver for seg i modell føre til et punkt der man blir avhengig av en oppdatering eller interaksjon fra en annen person i prosjektet for at den fagspesifikke prosjekteringen kan fortsette (Reitan, 2019). Da kan prosjekteringsprosessen bli forsinket fordi essensiell informasjon fra en annen aktør ikke har blitt lagt inn i modellen, men disse forsinkelsene ville uansett funnet sted ved en tradisjonell tilnærming til prosjektstyring.

2.2.4 LEAN

Som en ledelsesfilosofi har Lean stått sterkt i flere bransjer i mange tiår. Fra opprinnelsen som Lean produksjon i japanske Toyotafabriker har begrepet bredt seg ut til flere bransjer og utviklet seg til Lean Construction i arkitekt- og ingeniørbransjen (Kalsaas, 2017). Lean handler om å effektivisere bruken av ressurser og minimere sløsing av tid og materialer. BIM er på mange måter et verktøy basert på Lean sine prinsipper, da det er satt fokus på å effektivisere prosjekteringsprosessen (Nøklebye, 2018).

«One-Piece Flow» eller kontinuerlig flyt er et Lean-konsept om å oppnå «akkurat i tide»-produksjon (Dolcemascolo, 2021). I produksjon handler dette om at riktig del skal produseres til riktig tid i riktig kvantitet. For å omgjøre dette til å passe inn i prosjektering er det mulig å si at man skal utføre oppgaver som muliggjør videre oppgaver (Nøklebye, 2018). For å oppnå kontinuerlig flyt kreves god planlegging og oppfølging gjennom prosjektet fordi dette fører til mange avhengigheter på tvers av fag.

2.2.5 Last Planners prinsipper i prosjekt

En god fremdriftsplan er lagt frem som en essensiell del av implementeringen av MMI i vann- og avløpsprosjekter av Norheim et al. (2020). Last Planner har vist seg å være et effektivt planleggingsverktøy for byggebransjen når det kommer til å benytte MMI i prosjekter (Nøklebye, 2018).

Last Planner er et planleggingssystem med «hovedfokus på å tilstrebe forutsigbar flyt i produksjonen» (Kalsaas, 2017, s. 37) og motvirke mengden svinn i produksjonen i et prosjekt. Glenn Ballard legger frem 5 prinsipper som lager grunnlaget for Last Planner tenkningen. De fem prinsippene er:

1. Planlegge mer detaljert desto nærmer den konkrete utførelsen av arbeidsoppgaven er,
2. Planlegging sammen med utførende arbeidere,
3. Identifisere og fjerning av hindringer og gjøre arbeidspakker sunne,
4. Utarbeide pålitelige forpliktelser for at utførende arbeid utføres som avtalt og
5. Lære av mangler og gjennomføringsproblemer (Kalsaas, 2017, s. 222-223).

Bo Terje Kalsaas legger også til et sjette punkt nemlig prinsipp om enkelhet (Kalsaas, 2017, s. 225). Det siste prinsippet er ifølge Kalsaas en forutsetning for å minimere risiko for misforståelser eller mangler og er med på å skape god kommunikasjon.

2.2.6 Prosjektstyring med Last Planner

Last Planner prinsippene kan legges til grunn ved prosjektstyringen. Prinsipp 1 forutsetter en plan som ikke er *for* detaljert for tidlig. En detaljert plan gjør endringer og justeringer kompliserte og tidskrevende. Her er det viktig å legge opp en taktplan som i grove trekk beskriver når utførelsen av arbeidspakker skal gjennomføres og til hvilken detaljeringsgrad. Dette gjør det enklere å styre og utføre endringer underveis i prosjektet og tilpasse arbeidspakker som blir forsinket eller fullført før tid. Justering og styring av plan foregår gjennom jevnlig møter eller annen form for kommunikasjon.

Utførende har ofte best forutsetning for å vurdere arbeidstid og effektivitet i en arbeidsoppgave som omhandler prinsipp 2 i Last Planner. Dette er gunstig fordi det minsker usikkerhet i planen knyttet til gjennomføringstid og risiko knyttet til sløsing både i arbeidstid og byggefeil. Dette styres gjennom å utforme planer der utførende er deltagende, og legge til rette for gjensidig tilpassing mellom arbeidsoppgaver.

Prinsipp 3 er tett knyttet til utarbeiding av planer skal minske hindringer i aktiviteter. Analysen av hindringer gjøres jevnlig gjennom prosjektets levetid, grunnet forandringer som kan forekomme sporadisk.

Utbedring av PPU (prosent planlagt utført) er et verktøy for å forbedre effektiviteten og samhandling i byggeprosessen, ved å finne hvorfor arbeidsoppgaver ikke blir utført (Ballard, 2000). Analyse av PPU kan avdekke at årsaken til ikke utførte oppgaver er for eksempel kommunikasjonsproblemer, hindringer som ikke blir fjernet eller utilgjengelige planer og tegninger. Analysen benyttes til å avdekke og utbedre direkte tiltak der flest arbeidsoppgaver hindres og for å optimalisere arbeidsprosessene og videre planlegging.

2.2.7 Styring i Last Planner kontra tradisjonell metode

Last Planners styringstilnærming forutsetter at all prosjektering og arbeid legges ned i fysiske soner for at dataene i prosjektet lettere kan behandles. Disse sonene kan for

eksempel være knyttet til en PNS hvor det da fokuseres på å planlegge og reagere underveis i prosjektet der arbeidsoppgaver repeteres i ulike soner. Dette kan dog være mindre effektivt i et prosjekt som har sekvensielle avhengigheter (se kapittel 2.2.3). Nedbrytningen av dataen kan gjøre at det enklere å analysere de forskjellige oppgavene i hver sone, enn å se på prosjektet som en helhet som i tradisjonelle prosjekter.

2.3 Aktørene

For å forstå hva de ulike aktørene i et VA-prosjekt trenger fra en BIM-modell, når de trenger det og i hvilket format, må man forstå hvem de er og hva de gjør. Hvordan de ulike rollene innad i prosjektet blir definert kan være forskjellig fra ulike bransjer og firmaer, men mye har blitt standardisert gjennom årene. I denne oppgaven er det mest relevant å ta for seg tre overordnede aktører. Disse tre er byggherre, konsulent og entreprenør. Innenfor disse kan det være mindre delroller.

2.3.1 Byggherre

En byggherre er overordnede leder for hele prosjektet og tar på seg ansvar for gjennom hele prosjektets levetid (Reusch, 2019). En byggherre er ofte eieren, men kan også bli valgt ut av en eiendomseier. Byggherren er den som skal utrede hva som skal bygges og kontraktsfeste videre aktører, samt passe på at prosjektet følger gitte lover, normer og standarder. Det som er spesielt i VA-prosjekter er at det i mange tilfeller er kommuner som er byggherre. Etter prosjektets avslutning skal byggherre eller eiendomseier ta på seg ansvar for drift og vedlikehold.

Det er gjerne byggherre som bestiller en BIM-leveranse og bestemmer hvilket detaljnivå av BIM prosjektet skal oppnå (Borgestrand, 2018). Når det kommer til BIM-modellen bruker ofte byggherre denne til å følge fremgangen i prosjektet og passe på at deres ønsker blir overholdt. Modellen kan også benyttes til drift og vedlikehold etter prosjektet er ferdig bygget.

2.3.2 Konsulent

Konsulenten kan også kalles planlegger eller rådgiver og skal prosjektere ved hjelp av sin fagkunnskap. De blir leid inn til sitt fag av byggherre eller de som driver prosjektet for

byggherre. Resultatene konsulenten kommer frem til, skal sendes til entreprenør for videre arbeid.

Når det kommer til bruken av BIM i prosjektet er det konsulenten som skal applikere og jobbe etter BIM-nivået som er kontraktsfestet av byggherre. Det er som regel konsulentene som utarbeider BIM-modellen og prosjekteringen kan se rundt modellen.

2.3.3 Entreprenør

Entreprenørens rolle er å utføre det prosjekterte arbeidet fra konsulenten. Her er det flere ulike løsninger ut ifra hva slags entrepris oppdraget jobber under. Det betyr at det kan være en overordnet entreprenør, som ansetter underentreprenører i de forskjellige fagene eller så kan det være en entreprenør som tar seg av alle fagfeltene i byggeprosessen (Statens vegvesen, 2015).

I teorien kan entreprenør benytte en BIM-modell til å utføre arbeidet. I praksis kan dette være utfordrende for konsulenter å finne ut hva slags BIM-prosesser som vil være gjennomførbare i praksis. Dette er fordi BIM-modellen kan bli benyttet av enkelte fag, mens andre underentreprenører ikke klarer å gjennomføre ved bruk av BIM-modellen.

2.4 Entrepriseformer

En viktig del av prosjektstyring er samhandlingen mellom de ulike aktørene. Entrepriseformen i et prosjekt er med på å bestemme hvilke aktører som har hvilket ansvar og risiko i ulike deler av prosjektet. Valg av entreprisform kan derfor ha stor innvirkning på gjennomførelsen av et prosjekt. Det er i hovedsak utførelsesentreprise og totalentreprise det skilles mellom.

2.4.1 Utførelsesentreprise

I et prosjekt med utførelsesentreprise har byggherre ansvar for prosjekteringen, mens entreprenør kun har ansvar for utførelsen av det arbeidet som er beskrevet. Det finnes mindre nivåer som går inn under utførelsesentreprise. Disse er general-, hoved- og delte entrepriser. I denne entreprisen så er det nødvendig med tidlig prosjektering på detaljnivå for å danne premissene i konkurransegrunnlaget (Statens vegvesen, 2017). På

grunn av dette dannes det først en prosjektgruppe som står for planleggingen og entreprenør engasjeres ikke før prosjektet har oppnådd en tilfredsstillende detaljeringsgrad.

Statens vegvesen er en av de større byggherrene her til lands når det kommer til samferdselsprosjekter, og benytter i hovedsak utførelsesentrepriser i sine prosjekter, men jobber mot en større grad av totalentrepriseprosjekter (Statens vegvesen, 2017).

2.4.2 Totalentreprise

I et prosjekt med totalentreprise har entreprenøren ansvar for både prosjekteringen og utførelsen. Her er det som regel byggherre som bærer risikoen ved grunnforholdene, mens entreprenør bærer risikoen for prosjekteringen (Statens vegvesen, 2017). Ved denne entrepriseformen vil det være mulig å få bedre flyt i arbeidsprosessene da utførelsen kan gå mer parallelt med prosjekteringen.

Hardin og McCool (2015) mener at det er viktig at alle sentrale aktører i et prosjekt blir tidlig involvert, for at bruken av BIM skal bli vellykket. De kommer frem til at utførelsesentrepriser forhindrer muligheten for å fullt utnytte av BIM fordi de utøvende ikke er involvert i prosjekteringen. Dette underbygger de ved at de prosjekterende i prosjektet ikke vil ha noen sterk motivasjon for at BIM-modellen skal ha høy nytteverdi for de utøvende, siden de kun er kontraktsfestet til å produsere et underlag som tilfredsstiller behovet til byggherre. En totalentreprise kan derfor føre til bedre samhandling mellom prosjekteringsfasen og byggefasen.

2.5 Informasjonsflyt

Ett av hovedmålene ved BIM er å fremme og forbedre samhandlingen på tvers av fag og aktører i et prosjekt. Dette kan gjennomføres enten ved hjelp av spesifiserte samhandlingsverktøy eller gjennom rutiner og utviklede standarder (Bradley et al., 2016). Noen viktige aspekter for å oppnå god samhandling er at alle skal hele tiden ha tilgang til, og jobbe i den oppdaterte versjonen av modellen. Modellene skal også ha mulighet til å kontrolleres av alle fag. Alle fag jobber i den samme modellen og kontrollene fortas i denne samordnede modellen. Dette fører til vesentlig mer effektivitet i prosjektet i forhold til prosjekter som har BIM-nivå 0, der modeller, tegninger og filer sendes over e-

post (Strimbu, 2018). Faren ved at ulike versjoner verserer i prosjekter og en mister kontroll på hvilken versjon som er lagt til grunn for de ulike fag, unngår vi ved god styring og prosess i en felles sammenstillingsmodell for alle fag.

Dataflyten er noe som bør legges vekt på i et BIM-prosjekt (Hardin & McCool, 2015). I et BIM prosjekt hvor alle fag samhandler i én felles samhandlingsmodell er det avgjørende med gode rutiner og regler for datahåndtering, og en bevissthet rundt hvordan konvertering av ulike filformater fungerer inn og ut av samhandlingsmodellen. Det som også er en fordel ved å ha fellesmodeller er at det gjør det mer oversiktlig for hovedentreprenør på byggeplass å se på modellen i sin helhet (Nesland, 2018). På byggeplass kan det bli brukt BIM-kiosker eller nettbrett for enkel tilgang til modellen og de enkelte fagarbeidere bør enkelt kunne hente ut det som er relevant for den jobben de skal utføre.

Tradisjonelt har det vært vanlig at etter konsulenten har levert fra seg modellen de har lagd, har de vært ferdig med prosjektet. Ved bruk av BIM har man sett at det er fordelaktig at konsulenten blir med videre gjennom anleggsfasen av prosjektet for å oppdatere modeller fortløpende. Ved hjelp av mer nøyaktig og avansert teknologi er det nå mulig med en mer dynamisk og kontinuerlig kommunikasjon og datautveksling mellom byggeplass og konsulenter. Korreksjoner i modellen kan utbedres på bakgrunn av innmålinger på byggeplass og entreprenør får oppdatert modell relativt raskt (Nesland, 2018).

2.5.1 Filformater

Ved deling av informasjon i modell på tvers av fag og aktører er det viktig at filformatet stemmer overens med det du vil ha av informasjon i filen. Det fins både åpne og lukkede filtyper når det kommer til BIM-verdenen. Ved en åpen filtype vil det si at denne filen kan åpnes i hvilket som helst BIM-program av alle aktørene, mens ved en lukket filtype kan man bare åpne filen i et spesifikt program (Cerri & Fuggetta, 2007). To godt standardiserte filformater er DWG og IFC.

DWG

DWG ble skapt av Autodesk så tidlig som 1982 og er standard filformat i AutoCAD. Dette filformatet er en lukket filtype som er mye brukt i utomhusfagene. Selv om dette formatet

er lukket er det fortsatt mulig å importere filene mellom AutoCAD og Novapoint, noe som gjør det godt anvendelig. Det er i tillegg mulig å legge inn GIS data og annen eksisterende info om terreng. Den kan brukes til å tegne i 2D og 3D og det er mulig å legge inn noe informasjon gjennom egenskaper til objektene, men den meste av informasjonen kommer i form av geometri (Library of Congress, 2020).

IFC

IFC (Industry Foundation Classes) ble skapt av buildingSMART og er et åpent og internasjonalt filformat som har blitt godt dokumentert. Dette formatet er ett av de mest brukte formatene innen bygge- og arkitekturbransjen. Det som gjør IFC så anvendelig er at det er mulig å tillegge objekter som ligger i modellen ubegrenset med ikke-geometrisk informasjon. Dette fører til at dette formatet egner seg godt ved bruk av BIM. IFC er i hovedsak beregnet for bruk innomhus, men har sett en utbredelse i utomhussektoren (Library of Congress, 2016).

2.6 Programvare/Verktøy

Noe som vil ha stor innvirkning på bruken av BIM og MMI i prosjekter er hvilke prosjekteringsverktøy som blir benyttet. Disse programmene er verktøy for å bygge opp modellen med objekter, i 2D eller 3D. Det vil være forskjeller på hvilke programmer som blir benyttet på tvers av land, bedrifter, avdelinger, fag og det kan også stå på personlig preferanse. De fleste prosjekteringsverktøyene vil ha forskjellig utforming og ulike bruksområder. Det finnes konkurrenter til programmene som nevnes i denne delen og de er ikke de eneste som benyttes i bransjen, men er de mest relevante for denne oppgaven.

2.6.1 AutoCAD

AutoCAD er en programvare for dataassistert konstruksjon (CAD) og har blitt benyttet innen flere yrker som for eksempel fagspesifikke ingeniører, arkitekter, byplanleggere og innen bygg og anlegg, helt siden 1982 (Weisberg, 2006). Programmet kan benyttes til å utarbeide tegninger i 2D eller modeller i 3D. Det er mulig å lage geometriske figurer og manipulere verdiene til disse objektene.

Fordi AutoCAD har vært en del av den teknologiske evolusjonen i bransjen i lengre tid, har den blitt en byggestein for flere programmer. Dette har vært mulig på grunn av AutoCAD sin API (Application Programming Interface) som gjør det mulig å benytte programmets funksjonalitet for å tilpasse og automatisere oppgaver til et nytt program. Programmets API sammen med muligheten for å eksportere programmets filformat, har gjort at AutoCAD muliggjør det å videreutvikle nye applikasjoner til mer spesifikke oppgaver eller fag.

Focus Vardak er en applikasjon som bygger på AutoCAD sin API og er utviklet av Focus. Dette programtillegget bygger på AutoCAD sitt kodegrunnlag for å tilegne mer funksjonalitet til programmet. Focus Vardak legger til dynamiske genererte materialister av ulike rør- og kumdeler til AutoCADs grensesnitt. Her er det mulig å tilegne objektene BIM-data og eksportere de over til en samhandlingsmodell (Focus, 2021).

2.6.2 Novapoint

Novapoint er et program utviklet av Trimble, som brukes til prosjektering i samferdsel- og infrastrukturprosjekter. Programmet benyttes mye i fag som vei, elektro og VA til å prosjektere komplekse 3D modeller av infrastrukturen. Novapoint benytter en samhandlingsplattform med AutoCAD. Her bruker man AutoCAD sitt grensesnitt til å tegne objektene for så å overføre og bygge opp modellen i Novapoint.

Det er lagt inn et produktbibliotek i Novapoint for å gjøre det enklere å benytte seg av bransjeaktuelle deler i form av objekter til for eksempel traseer for elektro og VA. Trimble har utformet flere tilleggsapplikasjoner til Novapoint for å forenkle fagspesifikk prosjektering, som for eksempel Novapoint VA, Novapoint Veg og Novapoint Terreng (Trimble, 2021b).

Som ett av de få programmene innen vann og avløp, regnes Novapoint som et verktøy basert på muliggjørelse av BIM for infrastruktur. Her brukes «BygningsInformasjonsModellering» som betegnelsen (Trimble, 2015). For å oppnå samhandling mellom ulike fag og aktører i modell har Trimble utviklet Quadri. Denne applikasjonen bruker skylagring til å muliggjøre at flere jobber samtidig i samme modell i sanntid. Quadri deler kontinuerlig modellen mellom fag gjennom hele prosjekteringen (Trimble, 2021c).

Novapoint gjør det mulig å legge ved informasjon på spesifikke objekter i en modell. Dette gjøres ved å tilegne et objekt en verdi eller tekst i valgte kategorier gjennom klassifisering (Trimble, 2021a). Ved at det er mulig å berike objektene, som for eksempel rør, med egenskapsinformasjon legges det til rette for at programmet kan utføre mengdeberegninger og gruppere utvalgt data. Dette er en viktig del av en BIM-modell. Modellen i Novapoint kan eksporteres som en IFC-fil (se kapittel 2.5.1).

2.6.3 Navisworks

Navisworks er et samhandlingsverktøy utviklet av Autodesk. Programmet lar brukeren importere modeller i mange standardiserte filformater for å opprette en samlingsmodell som kan brukes til innsyn og samhandling ved BIM (Autodesk, 2021). Dette gjøres ved at de ulike fagene i et felles prosjekt setter opp sine fagmodeller og setter så sammen disse i Navisworks. Ved hjelp av dette programmet kan det utføres kollisjonstester på tvers av fagene for å forsikre seg om at det ikke er noen konflikt mellom for eksempel en vannledning og en strømkabel.

Samlingsmodellen i Navisworks fungerer også som en visuell modell som er enkel å dele med entreprenør eller byggherre. I programmet er det mulig å vise revideringsdata, objektsegenskaper og kommentarer som gjør det enkelt å kartlegge prosjektets fremdrift.

2.7 Modellbasert styring og MMI

Modellbasert styring har blitt en økende trend i byggebransjen de siste årene. I VA-bransjen ligger kurven lengre bak. Det er flere grunner til dette, men for å forstå hva som ligger til grunn for dagens tilnærming er det viktig å se på hvordan denne styringsmetoden har utviklet seg for begge bransjene.

2.7.1 LoD

LoD har blitt et bredt begrep som har blitt en forvirrende forkortelse i prosjekteringsbransjen (Fløisbonn et al., 2018). Opprinnelig var LoD en forkortelse for Level of Detail og ble brukt som et verktøy for å estimere kostnader i en prosjekteringsmodell. Under denne definisjonen legger man vekt på hvor mye tilgjengelig informasjon det er i en BIM-modell.

Forvirringen rundt begrepet LoD oppstår på grunn av en annen definisjon av forkortelsen. Level of Development blir også benyttet. I denne forstanden sier begrepet noe om påliteligheten til informasjonen knyttet til spesifikke elementer i BIM-modellen. Level of Development har i senere tid lagt grunnlaget til LoIN (Level of Information Need) og LoMI (Level of Model Information). Alle disse begrepene blir brukt til å styre kommunikasjon- og informasjonsflyten rundt BIM-modellen og blir benyttet i planleggingen av en prosjekteringsprosess.

Selv om Level of Development er basert på Level of Detail er det noen vesentlige forskjeller. Der Level of Detail måler kostanden i en modell ut ifra objektets ferdighet, så måler Level of Development fremdriften i prosjekteringen. Level of Detail ser også på utseende av objektene, mens Level of Development ser på informasjonen lagt inn objektene (Garcia, 2017). Videre i denne oppgaven er det Level of Development som vil bli benyttet som definisjon.

2.7.2 MMI

Grunnet usikkerheten knyttet til begrepet LoD i bransjen, ble begrepet MMI innført (Fløisbonn et al., 2018). MMI står for Modell Modenhets Indeks (eller Modell Maturity Index på engelsk). I likhet med LoD benyttes dette til å tilegne objektene i en BIM-modell, tallkoder ut ifra hvor langt unna ferdigstillelse objektet er. Forskjellen ligger i at MMI beskriver modningsgraden til objektene, mens LoD beskriver påliteligheten til informasjonen tilgitt et objekt.

Metodikken ble utviklet av Construction Industry Institute (Garcia, 2017). Den ble utviklet for å bedre kommunikasjonen og styringen rundt fremdriften av prosjekteringen. I Norge ble metodikken forsøkt innført i et samarbeid mellom Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (EBA), Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) og Arkitektbedriftene. Det ble standardisert omforent statuskoder som fungerer som modenhetsnivåer for en BIM-modell. Ikke altfor ulikt LoD-nivåene, men med mindre fokus på de grafiske detaljene i modellen. Her benytter man tilgjengelig informasjon om dokumentasjon, prosessbeskrivelser og geometri til å tillegge et objekt et spesifisert modenhetsnivå.

Videre i denne oppgaven vil det bli tatt utgangspunkt i den standardiserte metodikken til Fløisbonn et al. (2018). Denne legger vekt på planleggingsprosessen i prosjekteringen ved å benytte MMI-nivåene til å styre prosjektet og vise hvor langt ulike

objekter har kommet i prosjekteringsløpet. Den norske tilnærmingen til MMI benytter 6 standardiserte nivåer som kan sees i figur 7.



Figur 7: Prosessen som MMI baserer seg på (Fløisbonn et al., 2018).

Prosjekteringsaktivitetene som fører til de ulike MMI-nivåene, beskrives som følger:

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

MMI-nivåene kan ligne litt på BIMForums veiledende standard for LoD-nivåer i en modell, som blir lagt frem i Vedlegg 1. Forskjellen ligger i MMI-nivåene jobber for

prosjektstyringen og fremgangen i prosjektet, mens LoD-nivåene prøver å estimere kostnad ut ifra detaljene i de geometriske objektene i modellen.

Videre forteller publikasjonen fra RIF, EBA og Arkitektbedriftene at det er mulig å etablere MMI-nivåer mellom de definerte nivåene over. Dette vil avhenge av prosjektet og må vurderes opp mot størrelse, omfang, tid og vanskelighetsgrad.

De etablerte MMI-nivåene må defineres opp mot hvert enkelt fag i prosjektet det skal benyttes i. Dette er fordi det er store forskjeller fra ulike prosjekter og fastsatte, forhåndsbestemte nivåer vil være lite fordelaktig når en ikke har de samme forutsetningene. Det er derfor viktig at man har en godt begrunnet plan for MMI-nivåene før prosjekteringsstart, som alle aktørene i prosjektet har satt seg inn i.

2.7.3 MMI i praksis

For at MMI skal bli implementert riktig i et prosjekt er det viktig å sette opp en prosjekteringsplan. Her bruker man MMI-nivåene til å planlegge fremdriften frem mot prosjektmålene. MMI-nivåene plasseres i prosjekteringsplanen som milepæler for hvert enkelt fag. Dette gjøres for at fagene skal ha overblikk over når de forskjellige fagene er avhengige av leveranser fra hverandre og på den måten oppnå en effektiv samhandling i modell. En mulig måte å plassere inn modenhetsgraden til modellen i en prosjekteringsplan er ved hjelp av en Last Planner-tilnærming (se kapittel 2.2.6). Dette er en prøvd metode fra Skanska (Nøklebye, 2018) og figur 8 viser et eksempel på denne metoden som også blir dratt frem i RIF, EBA og arkitektbedriftenes rapport om MMI.

Ukenr.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Milepæler				MMi 300 1.Étg		MMi 350 1.Étg		MMi 400 1.Étg			MMi 300		MMi 350		MMi 400	
Skanska																
Arkitekt				MMi 300 1.Étg		MMi 350 1.Étg		MMi 300					MMi 350			
RIB		MMi 300 1.Étg				MMi 350 1.Étg		MMi 300					MMi 350			
RIV				MMi 300 1.Étg		MMi 350 1.Étg					MMi 300		MMi 350			
RIE				MMi 300 1.Étg		MMi 350 1.Étg				MMi 300			MMi 350			
BIM								Kollisjons kontroll 1.Étg								Kollisjons kontroll

Figur 8: Skanska sin prosjekteringsplan med MMI-nivåer som milepæler (Nøklebye, 2018).

Som man kan se i figuren er MMI-nivåene påsatt informasjon om at disse bare gjelder for 1. etasje i et bygningsprosjekt. I en rapport fra Construction Industry Institute (CII) konkluderes det med at en tilnærming med modningsnivåer i soner i stedet for ved hver enkelt komponent i modellen er å foretrekke (Construction Industry Institute, 2019). Denne konklusjonen bygger de på at det å gi hver komponent et MMI-nivå er tidskrevende. Fløisbonn et al. (2018) mener også at soneinndeling er hensiktsmessig i et MMI-prosjekt.

Soneinndeling av MMI er en praktisk tilnærming til bruken ved at det er mulig å oppnå høyere modningsgrad i enkelte områder av prosjektet og dermed kunne kollisjonskontrollere så fort som mulig slik at bygningsarbeidet kan optimaliseres. Disse sonene vil variere i størrelse og kompleksitet fra prosjekt til prosjekt. CII presiserer at det fortsatt vil være fordelaktig å gi komponenter MMI-nivåer internt i prosjekteringsgruppen, men at den helhetlige sonen ikke bør gis opphøyet nivå før alle komponentene i området har oppnådd den aktuelle MMI-verdien.

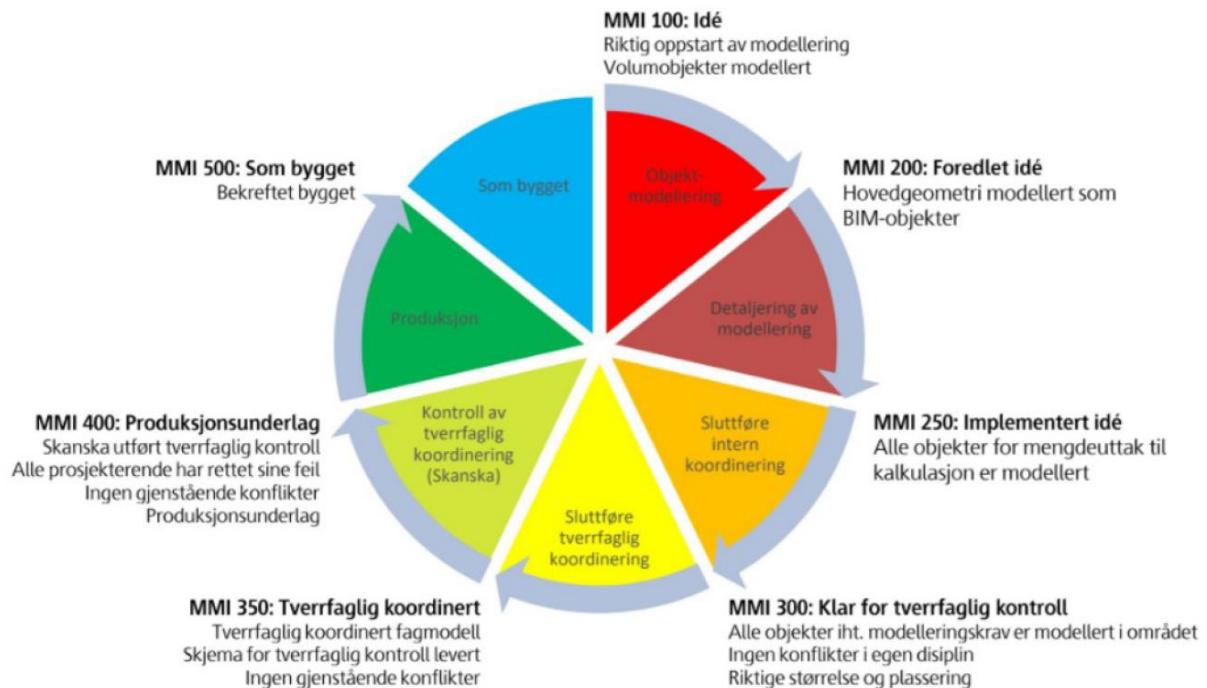
For å kontrollere fremdriften av modenhetsgrad til modellen benyttes kjente BIM-rutiner som kontinuerlige modelloppdateringer i sanntid og jevnlig kollisjonskontroller, samt møter med ulike aktører og fag. Det er ved disse rutinene MMI-nivåene i modellen blir forankret, eller eventuelt revidert. Prosjekteringsplanen oppdateres fortløpende gjennom hele prosjektet, slik at de ulike fagene alltid har kontroll på avhengighetene opp mot de andre fagene (Nøklebye, 2018). Nøklebye beskriver at enkelte aktører benytter en BIM-koordinator for å validere modellen når fagprosjekterende har angitt et nytt modenhetsnivå.

Fargekoder i modellen kan benyttes som et visuelt verktøy for fremdrift i modenhetsnivåene. Dette bedrer tverrfaglig kontroll og kommunikasjon gjennom modellen ved å for eksempel synliggjøre problemområder, ferdig plasserte elementer og soner som er klar til produksjon (Alexandersen, 2019). Som visualisert i figur 7 og figur 8, så blir det brukt tilnærmet like farger i de ulike MMI-metodene.

2.7.4 MMI i Norge

Nøkleby (2018) tok for seg byggebransjen sin tilnærming til MMI i sin masteroppgave. I den ble det lagt frem metodene Skanska og Veidekke bruker for verktøyet. Skanska sin tilnærming til MMI blir sett på som et hjul (figur 9) da de ser på Lean prinsippet om at

produksjonen skal være et kontinuerlig utviklingssystem. Dette prinsippet jobber mot en «akkurat i tide»-produksjon som i prosjekteringspråk vil si at milepælene i planen blir satt ut ifra behovet på byggeplass til akkurat den tid og mengde som er nødvendig for den aktuelle sonen.

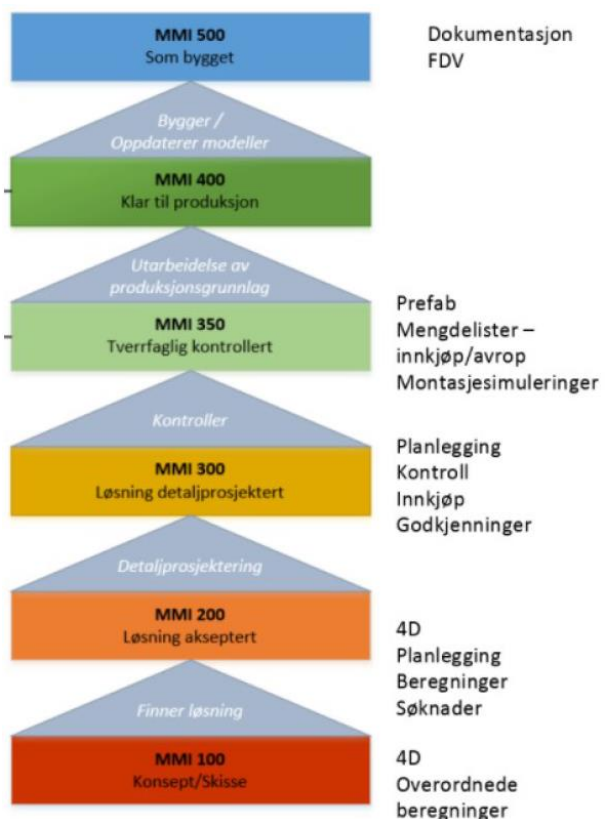


Figur 9: Skanska sin tilnærming til MMI (Nøklebye, 2018).

Videre bruker Skanska Last Planner i prosjekteringsplanleggingen og planene ble oppdatert gjennom jevnlig prosjektmøter. Det er også en egen BIM-koordinator på hvert prosjekt som bekrefter fagmodellenes MMI-nivå gjennom hele prosjektet.

Figur 9 viser Skanska sin tilnærming til MMI og presenterer en noe annerledes MMI-metodikk enn i den Fløisbon et al. (2018) la frem i sin rapport. Det som skiller de to innfallsvinklene til MMI, er at Skanska sin modell legger til et MMI 250-nivå. Dette nivået er ment som et verktøy for kostnadskalkulasjon. Det som separerer 250-nivået fra 200-nivået er elementene med tilhørende kostnad. Nøkleby viser også til et Skanskaprojekt fra Tiedemannsbyen i sin masteroppgave. I dette prosjektet ble det benyttet et MMI 425-nivå, hvor formålet var at produksjonsferdige tegninger skulle ha blitt inspisert av produksjonspersonell for validering som byggbart.

Veidekke har en tilnærming til MMI som er i tråd med rapporten til Fløisbon et al. (2018), men har tilegnet metodikken mer informasjon for å forklare prosessen mellom hvert nivå. Metoden deres går ut på å velge mål for de ulike MMI-nivåene ut ifra det spesifikke prosjektets problemstillinger. Dette oppnår de ved å anvende fagspesifikke krav for modenheten. I figur 10 settes det opp prosesser mellom MMI-nivåene og ikke bare hva som skal til for å oppnå det aktuelle nivået. Her er det viktig å merke seg at dette oppsettet er lagd spesielt til ett prosjekt (E6 Arnkvern-Moelv) og er ikke generelt anvendbart på tvers av andre prosjekter.



Figur 10: Veidekke sin tilnærming til MMI i prosjektet E6 Arnkvern - Moelv (Nøkleby, 2018)

2.7.5 MMI for vann og avløp

Det alle meste av bakgrunnen til MMI som har blitt tatt i de tidligere delkapitlene her har blitt utviklet for byggebransjen. Selv om mye av teorien er anvendbart på tvers av bransjer så har det vært lite fokus rettet mot VA-bransjen.

I 2020 kom EBA, RIF og Maskinentreprenørenes Forbund (MEF) ut med en ny MMI-manual for samferdsel som bygger på den tidligere MMI publikasjonen til EBA, RIF og Arkitektbedriftene fra 2018 (Norheim et al., 2020). Formålet for denne publikasjonen var å samhandlingen mellom konsulent og entreprenør ved bruk av MMI i totalentreprise for samferdselsprosjekter (se kapittel 2.3). Det er en ambisjon om at disse to publikasjonene, for bygg og samferdsel, vil kunne bli slått sammen i fremtiden.

Proessen gjennom prosjekteringsaktiviteter for å oppnå de ulike MMI-nivåene er i stor grad uforandret fra publikasjonen fra 2018. Som vist i figur 11 i forhold til figur 7 så er forskjellene i de to prosessene at samferdsel har konkretisert ordlyden noe. Det har i tillegg blitt lagt ved en tabell som skal forsøke å beskrive enda nøyere hva som må med

for å oppnå de ulike nivåene (se Vedlegg 2). Her beskrives hva som må legges til grunn for å oppnå et høyere MMI-nivå. De har også kommet frem til hvor langt på vei geometrien i modellen skal ha kommet og hva slags informasjon som skal tillegges objektene. Som i den tidligere publikasjonen legges det her vekt på at etableringen av MMI-nivåene må tilpasses hvert enkelt prosjekt.



Figur 11: Revidert prosess som MMI baserer seg på (Norheim et al., 2020).

Norheim et al. (2020) sier: «Det viktigste for en vellykket implementering av MMI i et prosjekt vil alltid være en omforent forståelse av MMI-verdiens betydning og praktiske bruk blant alle relevante aktører.». Dette bygges opp under ved Nøklebys (2018) masteroppgave der det diskuteres at implementeringen av MMI vil bare bidra til å eliminere unødvendig arbeid dersom det bli håndtert med tilstrekkelig forståelse for den korrekte implementeringen av verktøyet.

Videre mener publikasjonen at det er essensielt å bryte opp prosjektmodellen i geografiske inndelinger for å optimalisere bruken av MMI. Det legges ved et forslag om å benytte en prosjektnedbrytningsstruktur (PNS). Bruken av soneinndelinger for å optimalisere bygningsarbeidet har blitt lagt frem tidligere fra CII (2019), som beskrevet i kapittel 2.7.3.

En detaljert MMI-tabell med beskrivelser for de ulike modenhetsnivåene ble også utarbeidet av EBA, RIF og MEF. Et utklipp av denne blir vist i figur 12. Tabellen er ment for hvert fag i prosjektet å fylle inn. Her skal det legges inn informasjon i fire overordnede deler for hvert MMI-nivå gjennom hele prosjektløpet. De fire delene blir beskrevet slik:

- **Grunnlag og forutsetninger:** Denne delen viser hvilket grunnlag og forutsetninger som må finne sted før faget kan oppnå MMI-nivået.
- **Fagmodell og beskrivelse:** Leveransen fra faget for MMI-nivået, geometri samt informasjon.
- **Avhengigheter andre fagmodeller:** Beskrivelse av avhengigheter mellom tilstøtende fag.

- **Leveranse og bruksområde:** Beskrivelse av leveranse og bruksområde for gitt MMI-nivå. Denne må defineres prosjekt spesifikk, utfylte celler viser eksempel på bruk.

	Modenhet 100	Modenhet 200	Modenhet 300	Modenhet 350	Modenhet 400	Modenhet 500
	Skisse	Konsept	Alle tverrfaglige volum modellert	Tverrfaglig koordinert	Produksjonsunderlag / godkjent leveranse	Som bygget
Grunnlag og forutsetninger						
<i>Terrengoverflate basert på</i>						
<i>Grunnforholdsmodell basert på</i>						
<i>Annem relevant grunnlagsinformasjon for faget.</i>						
<i>Geometri i grunnlagsmodell</i>						
<i>Dimensjoneringsgrunnlag</i>						
Fagmodell og beskrivelse						
<i>Geometri</i>						
<i>Informasjon</i>						
Krav til prosjektert geometri og informasjon fra andre fag						
<i>Landskap</i>	Jeg trenger....fra fagXX					
<i>VAO</i>	Jeg trenger....fra fagXX					
<i>Elektro</i>	Jeg trenger....fra fagXX					
<i>Konstruksjon</i>	Jeg trenger....fra fagXX					
<i>Andre fag avklares i prosjekt</i>	Jeg trenger....fra fagXX					
Leveranse og bruksområde	Dette er kun veiledende og ment som eksemplifisering for å øke forståelsen av MMI bruken.					
<i>Leveranse</i>						
<i>Primært bruksområde</i>						
<i>Sekundært bruksområde</i>						
<i>Risiko - Prosjektteam må definere risikomatrixe for bruk av modellen før MMI 400</i>						

Figur 12: Utklipp av fagvis MMI-tabell (Norheim et al., 2020).

Som et supplement til denne tabellen har Norheim et al. (2020) utviklet et vedlegg til sin publikasjon som fungerer som et forslag til generell informasjon de forskjellige fagene kan vurdere å føre inn. Fagene de har valgt å lage forslag til er vei, konstruksjon, landskapsarkitekt, elektro og VA for overvann. Igjen presiseres det at denne tabellen bare er et generelt forslag og vil ikke være påførbart til alle prosjekter.

3 Metode

I dette kapitlet vil metodene som ligger bak oppgavens empiri bli lagt frem og begrunnet. For å få et så helhetlig og reelt bilde av oppgavens temaer innenfor dagens VA-bransje, har det blitt benyttet flere ulike forskningsmetoder. Informasjonen som blir innhentet gjennom metodene knyttes sammen i kapitlet om resultater og diskusjon.

3.1 Litteraturgjennomgang

Gjennom denne oppgaven har en litteraturgjennomgang blitt benyttet for å komme frem til en konklusjon. Dette gjennomføres ved å ta utgangspunkt i tidligere publisert litteratur for å danne et teoretisk grunnlag som brukes til å trekke tråder og diskutere resultatene fra disse. Litteraturen kan være i form av artikler, rapporter, bøker, tidsskrifter, tidligere masteroppgaver med mer.

Litteraturen hentes fra bibliotek, bibliotekets databaser eller andre kilder fra internett. En sentral kilde til forskningsartikler har vært Google Scholar og Bibsys. Uppsatser.se har også blitt benyttet for å finne kilder fra svenske høyskoler og universiteter. Det begynte med brede søk som inneholdt generell informasjon og etter hvert som oppgaven tilspisset seg så ble også søkene mer spisset.

BIM og konsulentbransjen er i stadig utvikling og er fremtidsrettet. Det har derfor vært viktig å finne litteratur fra nyere tid, da mye av det som har vært skrevet for over ti år siden ofte er utdatert. Innenfor BIM kan det til og med være nødvendig å hente ut informasjon som har blitt skrevet de siste to til fire årene da utviklingen her har gått meget raskt. Mye av det mer generelle innenfor BIM og MMI har blitt hentet fra kilder innenfor byggfaget. Dette fordi det er lite litteratur som omhandler MMI innenfor VA-sektoren. Grunnet dette har det være nødvendig å hente litteratur fra utlandet. Her har Sverige, England og USA vesentlig flere kilder enn her til lands. Få kilder kan være en mulig feilkilde i oppgaven da det kan være vanskelig å få et bredt bilde.

På grunn av at det har vært lite kilder opp mot bruken av MMI i Norge, har det blitt benyttet tidligere masteroppgaver fra NMBU og NTNU til å danne et helhetlig bilde av

bransjen. Disse har vært nødvendig fordi det er lite annen litteratur om hvordan MMI blir tatt i bruk i andre bransjer, men enkelte av masteroppgavene har gått i dybden i bruk av MMI i for eksempel byggebransjen.

For å finne pålitelig litteratur har det vært viktig å være kildekritisk. Alle kilder er hentet fra anerkjente nettsteder og tidsskrifter. Det har også vært viktig å se på validiteten til resultatene fra andre kilder for å se om de har blitt overprøvd, og at det er flere kilder som skriver om det samme. Slik at det blir noe kvantitativt over den innhentede litteraturen, selv om litteraturgjennomgang er kvalitativ som metode. Dette betyr at det er forsøkt å finne flere kilder for å konstatere at en hentet kilde er pålitelig.

TONE-kriteriene har blitt benyttet for å vurdere de innhentede kildene. TONE står for: Troverdilig, Objektiv, Nøyaktig og Egnert (Overland, 2018).

- Troverdighet sier noe om man kan stole på kilden. Man må altså se på hvem forfatteren er, hvem som har publisert den og hvem som står bak et eventuelt publiseringsdomene.
- Objektiv skal stille spørsmål ved nøytraliteten til kilden. Dette går hånd i hånd med bakgrunnen til forfatter og publiserer. Her er det viktig å se på hensikten bak litteraturen og om man kan finne andre kilder som forteller det samme.
- Nøyaktig handler om strukturen i kilden. Man skal se etter slurv og passe på at ikke noe er hoppet over. Her er det viktig med detaljene i litteraturen. Det er også nødvendig å se på når kilden sist ble oppdatert og passe på at kilden oppgir sine egne kilder på en god måte.
- Egnert betyr at man skal passe på at kilden er i samsvar med oppgaven som skal skrives. Det er derfor viktig å være kildekritisk opp mot denne gradsoppgaven samtidig som den skrives. Her må man passe på at litteraturen som skal brukes enkelt kan finnes tilbake til.

3.2 Intervjuer

For å få mer praktisk informasjon å binde litteraturen opp mot i diskusjonen, har det blitt innhentet data i form av intervjuer med nøkkelpersoner. De som har blitt intervjuet er relevante aktører innen VA-bransjen som er knyttet til et spesifikt prosjekt som vil bli lagt frem i kapittel 3.3. Formålet med intervjuene var å innhente refleksjoner og erfaringer

rundt opplevelser intervjuobjektet har opplevd i det aktuelle prosjektet, men også i andre relevante prosjekter. Disse erfaringene ble brukt til å skape et bilde av de forskjellige aktørene sine tanker rundt temaer knyttet til forskerspørsmålene.

Det er kvalitative intervjuer som har blitt benyttet. Før intervjuet ble intervjuobjektene tilsendt en intervjuguide med forhåndsbestemte spørsmål, slik at de kunne forberede seg om ønskelig. Denne guiden ble benyttet for å holde en god tråd gjennom intervjuet. Intervjuguiden ble tilpasset de ulike aktørene sine roller slik at det ble mulig å innhente relevant informasjon. For å danne et bredt bilde av fagene var enkelte av spørsmålene generelle, men bidro til å få forskjellige synspunkt om like temaer. Det var ikke forventet at intervjuobjektene skulle kunne svare spesifikt på alle spørsmålene, da enkelte av de var tekniske og innen temaer de intervjuede ikke nødvendigvis hadde mye kjennskap til fra før. Dette førte til at intervjuobjektene heller kunne reflektere litt rundt tematikken. Intervjuguiden er lagt ved i Vedlegg 3.

Intervjuene ble gjennomført som semistrukturerte, som vil si at det ble mulig å ta avstikkere fra de forhåndsbestemte spørsmålene og drøfte temaer som kom opp underveis. Dersom noen av spørsmålene i guiden hadde blitt besvart fra annen kontekst tidligere i intervjuet, ble ikke disse tatt opp på nytt.

Intervjuene ble utført digitalt ved bruk av Teams og det ble tatt videoopptak for å bearbeide informasjonen i ettertid. Ved å ta opp intervjuet ble det mindre behov for å ta notater. Dette førte til at intervjuet kunne bli gjennomført med større fokus på samtalen og videre oppfølgingsspørsmål. Opptak av intervjuet ble godkjent av intervjuobjektene på forhånd. Opptaket ble brukt til å transkribere intervjuene i ettertid. De transkriberte intervjuene ble så kortet ned, konkretisert og samlet for å danne et helhetlig bilde av tematikken, og gjøre det enklere å diskutere funnene.

Intervjuene ble gjennomført våren 2021 og intervjuobjektene ble valgt ut ifra deres tilkobling til prosjektet på Ryen, som teorien skal knyttes opp mot. Det ble totalt utført syv intervjuer med seks forskjellige intervjuobjekter. Av disse seks var det fire fra konsulentbransjen, en byggeleder fra byggherre og en prosjektleder fra entreprenør. Konsulentene kommer alle fra Asplan Viak AS og hadde ulike roller i prosjektet. Rollene til konsulentene var oppdragsleder, BIM-koordinator og fagansvarlige for VA og vei. Entreprenør var HAB Construction AS og byggherre var Statens vegvesen. Bakgrunnen

for å intervjuere personer fra ulike aktører er for å få innblikk i prosjektgjennomføringen fra flere ståsteder. Det påpekes at intervjuobjektene ikke ble valgt ut ifra bakgrunn og kjennskap til relevante temaer, men for å gi et overordnet og realistisk bilde av VA-bransjen. Intervjuobjektene har blitt anonymisert.

3.2.1 Feilkilder

Det kan være vanskelig å unngå feilkilder når man gjennomfører kvalitative intervjuer. Sett opp mot kvantitative intervjuer hvor spørsmålene ofte er strukturerte og lukket, så kan spørsmålene i kvalitative intervjuer være åpne som kan føre til tolkninger. Det har derfor vært viktig å sette svaret til intervjuobjektene inn i kontekst ut ifra personens rolle og bakgrunn. Det er også forskjell på de intervjuedes «egnethet» til å bli intervjuet, da noen gir konkrete og korte svar, mens andre kan utdype og reflektere rundt spørsmålene.

En annen feilkilde ved intervjuer dreier seg om den aktuelle tematikken. BIM og MMI er metodikker som er i stadig utvikling og fremgangsmåter kan fort endres fra år til år. Intervjuobjektene får stadig ny opplæring og tilegner seg ny kunnskap til ny teknologi, så det kan hende de endrer meninger etter hvert som bransjen endrer seg. Det er derfor viktig å se på informasjonen fra respondentene som «ferskvare», at deres meninger kan endres i nær fremtid.

Bakgrunnen til de intervjuede kan også være en feilkilde. Respondentene ble valgt uten tanke for deres bakgrunn opp mot tematikken i oppgaven. Dette kan føre til at de intervjuede ikke har innsikt i fagkunnskapen og dermed reflekterer rundt noe de ikke egentlig vet hva betyr. Dette har dog blitt tatt til vurdering gjennom oppgaven og har bidratt til å få et mer realistisk bilde. Det at alle konsulentene jobber i samme firma kan også føre til en feilkilde. Dette fordi alle vil ha kjennskap til de samme rutinene og gjennomføringsmetoder, og da kan ha samme oppfatning om spesifikke temaer som kanskje ikke gir et riktig bilde av bransjen som helhet.

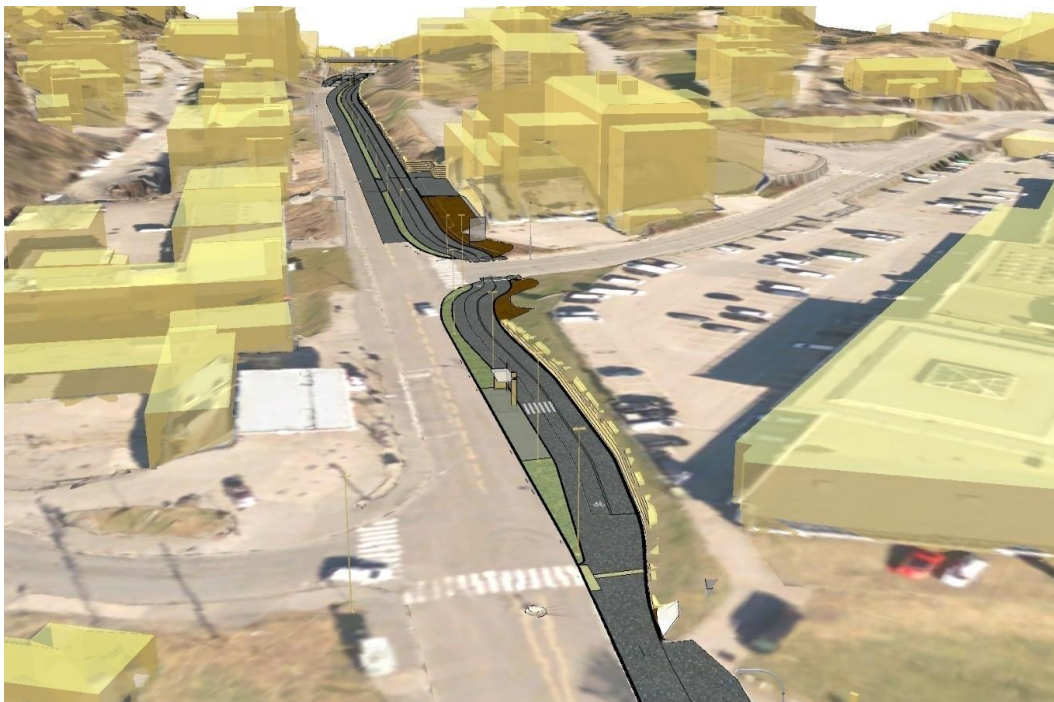
3.3 Casestudie

Det har blitt benyttet casestudie for å vurdere teorien opp mot noe konkret. Casestudie er kvalitativt som metode som vil si at man tar for seg en spesifikk enhet, eller et enkelttilfelle

og går i dybden i denne. Det har blitt valgt ut et prosjekt som skal bli gjennomgått og vurdert opp mot implementeringen av MMI og bruken av BIM.

Prosjektet som er valgt er vurdert til å være av middels størrelse og har benyttet BIM i en liten grad. Det har vært flere fagfelt inne på prosjektet som har vært viktig for å knytte teorien opp mot utførelsen. Det at det kun har blitt tatt for seg ett prosjekt i oppgaven kan bli sett på som en feilkilde da det vil være hendelser som kan være unike for dette prosjektet.

Prosjektet har blitt benyttet til å se på dagens tilnærming til modellbasert prosjektstyring, og det er forsøkt å finne ut hvordan bruk av BIM og MMI kunne påvirket fremgangen i prosjektet. Informasjonen rundt prosjektet har blitt innhentet gjennom møter med involverte parter, intervjuene og gjennom prosjektets dokumenter og filer.



Figur 13: Oversiktsbilde over planlagt "Sykkelveg E6 - Enebakkveien. Parsell Del 1 Ryenkrysset-Simensbråtveien.

Prosjektet som skal benyttes til å feste litteraturen opp mot er «Sykkelveg E6 – Enebakkveien. Parsell Del 1 Ryenkrysset-Simensbråtveien». Dette prosjektet er en totalentreprise utført av HAB Construction AS og byggherre er Statens vegvesen. Forvaltningsansvaret innehas av Bymiljøetaten (BYM) i Oslo kommune. HAB fikk jobben sammen med Asplan Viak AS, som skulle ha ansvaret for prosjekteringen og prosjekteringsledelsen.

Prosjektet innebar prosjektering og bygging av 500 meter sykkelvei og fortau. Denne traseen strekker seg fra Ryenkrysset til Simensbråtveien. For VA-faget skulle det etableres et nytt overvannssystem med fordrøyingsmagasin i en ny midtrabatt mellom eksisterende kjørebane og ny sykkelvei. Det var også krav om ombygging av vannledning og felles avløpsledning for kryssing under en støttemur som skulle etableres.

Traseen går gjennom et næringsområde og ligger nært inntil Ryen trafikknutepunkt. Noe om kan føre til utfordringer med daglig aktivitet rundt byggeplass, og at det er mulighet for komplisert eksisterende infrastruktur under bakken.

3.3.1 Programvare

Selv om det har blitt lagt inn en avgrensing i oppgaven rundt forbedringene av programvaren vedrørende implementering av MMI, så kom det frem under intervjuene at et relevant program har kommet med en oppdatering, som har forenklet det å benytte seg av MMI i prosjekter. Det har derfor blitt vurdert underveis i arbeidet med oppgaven, at det ville være hensiktsmessig å legge ved et delkapittel om hvordan programvaren kan benyttes og hva nytt som har blitt utviklet. Dette kapittelet har blitt koblet opp mot empirien, men har ikke blitt lagt vekt på i resten av diskusjonen. Den har dog bidratt til å danne et bilde på hvordan MMI kan bli implementert.

4 Resultater og diskusjon

De neste delkapitlene omhandler resultater fra intervjuene og litteraturgjennomgangen, samt diskusjonen rundt disse resultatene. Intervjuene er kortet ned, konkretisert og samlet for å gi et helhetlig bilde rundt forskerspørsmålene. Det er også lagt ved sitater fra intervjuene.

4.1 Prosjektets gjennomføring

Prosjektet «Sykkelveg E6 – Enebakkveien. Parsell Del 1 Ryenkrysset-Simensbråtveien» (Ryen-prosjektet) skal benyttes i dette kapittelet til å knytte resultatene fra litteraturgjennomgangen og intervjuene opp mot noe mer håndfast. Det vil derfor bli lagt frem hvordan dette prosjektet ble gjennomført. Denne delen vil også benyttes til å gi et bilde av hvordan prosjektstyringen blir gjennomført i vann- og avløpsbransjen.

4.1.1 Tidslinje

For å få god oversikt over gjennomføringen av prosjektet ble det forsøkt å lage en tidslinje. Denne skal bidra til å kartlegge hvor implementeringen av MMI kunne ha bidratt til forbedringer. Den planlagte tidslinjen er visualisert i tabell 1.

Tabell 1: Tabell med oppsett av den originalt planlagte tidslinjen for Ryen-prosjektet i 2020.

2020							
Oppgaver	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
Del 1							
Prosjektering							
Utførelse							
Del 2							
Prosjektering							
Utførelse							

Fra intervjuobjektene kom det frem at prosjektet hadde noen utfordringer underveis. Overvannshåndteringen var fra foregående fase basert på infiltrasjon til grunn, men grunnforholdene i området tilsa at grunnen ikke var egnet til det. Det var derfor behov for

å utføre infiltrasjonsundersøkelser. Grunnet ny og bedre data om grunnen ble det behov for å prosjektere en ny løsning hvor infiltrasjon ikke var primærløsningen.

Det var lagt opp til to leveranser for prosjekteringen. Én for de første hundre meterne i traseen og en til for de resterende 400 meterne. Den første delen var ment å ha oppstart av byggingen i starten av august, mens den andre skulle starte en måned senere. Den nye løsningen for overvann ble ikke godkjent hos BYM før i starten av september, altså en måned etter at byggingen skulle vært igangsatt. Prosjekteringen av ny modell ble da påbegynt. Byggingen av del én av traseen begynte da i starten av oktober og var fortsatt under bygging i mars.

Videre prosjektering av del to i strekket ble forskjøvet noe på grunn av flere fag sine avhengigheter til prosjekteringen av del én. Selv om prosjekteringen av del to ble ferdigstilt kun tre uker etter at den én ble levert, ble oppstart for byggearbeiderne for del to betydelig forsinket. Dette var fordi arbeidet med del én ble vesentlig forsinket grunnet mye kompleks infrastruktur og ledninger under bakken som ikke var kartlagt på forhånd. Alle utfordringene underveis i prosjektet førte til at tidslinjen ble vesentlig forskjøvet, som visualiseres i tabell 2.

Tabell 2: Tabell med den faktiske tidslinjen for Ryen-prosjektet, over 2020-2021.

	2020							2021			
Oppgaver	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mars	April
Grunnundersøkelser	■										
Prosjektere ny løsning		■									
Søknad om løsning			■								
Godkjent ny løsning				■							
Utvikle nytt tegnehefte				■	■	■					
Godkjent tegnehefte							■				
Del 1				■	■	■	■	■	■	■	→
Prosjektering				■							
Utførelse					■	■	■	■	■	■	→
Del 2					■	■	■	■	■	■	→
Prosjektering					■	■					
Utførelse								■	■	■	→

En annen problemstillingen som prosjekteringen måtte ta hensyn til, var en gammel høyspentledning som opprinnelig skulle legges om og flyttes til ny fellesgrøft. Ledningen

var oljefylt og skjør, noe som gjorde den vanskelig å flytte. Eier av ledningen bestemte etter nøyere vurdering at den allikevel ikke kunne legges om. Derfor måtte den nye grøfta etableres rundt den eksisterende høyspentledningen, for så å bygge den nye infrastrukturen omkring. Dette har ført til revideringer i prosjekteringen ved at VA og elektro har måttet bli tilpasset underveis.

Eksisterende vannledninger som lå på tvers av den nye traseen har også skapt problematikk og har måtte blitt prosjektert inn i en VA-kryssing. De eksisterende ledningene lå for høyt i terrenget og førte til at arbeidet med skråningen ble mer komplekst.

På grunn av at trafikkflyten på strekket skulle opprettholdes var en del av planen at det kun skulle jobbes med et strekke på 100 meter av gangen. Dette ble også innført for å opprettholde sikker arbeidsprosedyre.

Grunnet forsinkelsene ble det godkjent at to arbeidslag skulle jobbe samtidig i hver sin ende av strekket. Dette var for å få fortgang i bygingsarbeidet, og gjorde at man tidligere kunne benytte prosjekteringen av den nederste delen av traseen.

4.1.2 Bruk av modell

Selv om prosjektet var planlagt modellbasert ble det bestemt fra BYM at det skulle leveres et nytt tegningshefte for hele strekket. Det ble da nødvendig å produsere nye tegninger til prosjektet for å imøtekomme kommunens krav. Disse tegningene gikk gjennom endringer hos byggherre og måtte så oppdateres i modell.

Det kommer frem av intervjuene at det har vært stikker (landmåler) som i hovedsak har benyttet seg av modellen. Etter at det ble produsert et nytt tegningshefte ble det benyttet mer tegning og mindre modell, også for entreprenør. Dette mener entreprenør har med at det ikke er alle på byggeplass som er komfortable med bruk av modell, men at man er mer vant til 2D-tegninger. Entreprenør utdyper:

Entreprenørbransjen er litt trege av seg og er vant til å bruke tegninger, så når byggherre ville ha tegninger, ble det veldig enkelt for oss å bruke disse.

Byggherre har også som inntrykk at anleggsbransjen ligger bak bygg når det kommer til bruk av modell i samferdselsprosjekter.

Dette er interessant fordi dersom MMI skal kunne bli implementert på en produktiv måte, vil det være nødvendig at modellen blir tatt i bruk ikke bare ved prosjekteringen, men også ute på byggeplass. Dette bygger Minh Tran (2019) oppunder når han konkluderer med at det er flere fordeler ved bruk av BIM-modell ute på byggeplass. Ved at entreprenør og byggherre har inntrykk at det er en tilbaketrukket bruk av modell i anleggsbransjen, vil det gjøre det vanskelig å få utbytte av MMI for å måle fremgangen i prosjektet. Det kan derfor være nødvendig med noen form for forpliktelse i prosjektet der alle aktørene er forpliktet til å benytte modellen, også ute på byggeplass. Dette kan bli innført i for eksempel en totalentreprise eller ved et tett samarbeid mellom prosjekterende og entreprenør. Dersom det ikke blir gjennomført på denne måten, kan det føre til at ulike aktører føler de bruker unødvendig tid på noe som ikke er pålagt av dem å gjøre. Noe som vil føre til at det kan bli en mindre effektiv bruk av MMI i prosjektet.

VAV har som oppgave å saksbehandle all prosjektering som gjøres på deres VA-nett og VAV krever fortsatt tegninger, aller helst på deres format. To av intervjuobjektene sa derfor at det ikke blir brukt mye tid på å modellere detaljer i for eksempel kummer og ledningstrekk, da det uansett ikke vil bli vurdert av VAV eller brukt til bygging. Et av intervjuobjektene mener at VAV med fordel kunne ha hatt nytte av modellen for å få en bedre oversikt over de faktiske forholdene. Fra Dyver og Nilsen (2020) blir dette underbygd og det kommer frem at VAV stiller seg positiv til bruk av modell, men mener innsynsverktøyene må bedres. Dersom ulike etater og kunder ønsker å benytte seg av modell og innsynsverktøyene forbedres, kan dette blant annet føre til større bruk av modell på byggeplass, som igjen vil kunne bedre kommunikasjonen på anleggene.

Det er forskjellige måter å benytte MMI på. Man kan bruke det over større områder eller man kan benytte det ned på detaljnivå i objektene. Ved at VAV fortsatt krever tegninger vil det da være lite hensiktsmessig for tidsbruken i prosjektet å benytte MMI for mindre objekter i modellen. Grunnen til dette er fordi det da vil kreve dobbelt så mye arbeid ved å både detaljere i modell og for tegning. Derfor vil det kanskje være en fordel å sette MMI-nivåene for større områder, som for eksempel hele rørstrekk i traseer, i stedet for hver enkel rørdel. Dette bør bli vurdert frem til ulike etater legger større vekt på

leveranse av modell, og programmene blir bedre egnet til å tilegne informasjon på ulike objekter.

Av endelige dokumentasjon ved prosjektslutt skal det leveres oversiktstegninger og detaljtegninger til byggherre som viser hvordan anlegget faktisk ble bygget. Modellen skal også leveres, men grunnet mindre detaljeringsgrad vil ikke denne bli benyttet, kommer det frem fra byggherre.

Det kan også tyde på at VA-bransjen som helhet må fornyes og det må legges mer vekt på at flere aktører skal operere med til modellbaserte prosjekter. Dersom det skal være verdt å detaljere en modell med informasjon, fra et kost-nytte-ståsted, må modellen erstatte tegningene. VAV og andre instanser som skal arkivere og benytte prosjekteringen etter prosjektet er ferdig, bør vurdere å gå mot et tegningsløst system. Dette kan føre til en større oversikt over anlegget siden modellen kan berikes med mer informasjon, som gir et mer nøyaktig bilde av de faktiske forholdene.

4.1.3 Avhengigheter

Det har blitt gjennomført jevnlig prosjekteringsmøter for å oppdatere avhengighetene på tvers av fag. Fra intervjuene kommer det frem at det ikke har vært store utfordringer med samhandlingen mellom fag. Det har dog vært forsinkelser for fag som vei og elektro som en årsak av at prosjekteringen for VA ble utsatt grunnet grunnundersøkelsene og behov for å endre løsning fra tidligere planer.

Her kan en tenke seg at MMI kunne bidratt til bedre kontroll over omfanget av forsinkelsene. Det kunne for eksempel vært mulig å plassere overvannsløsningen på et lavere MMI-nivå enn de andre fagene. Dette for å visualisere at det var denne delen av prosjekteringen som holdt fremgangen tilbake. Det kan også argumenteres for at prosjekteringen for de andre fagene uansett måtte forholde seg til den nye informasjonen som kom av grunnundersøkelsen, slik at det her ikke ville gjort noen forskjell på om elementene hadde blitt tillagt MMI-nivåer eller ikke. Dette kan komme av at det ikke vil være mulig å gjennomføre en fullverdig tverrfaglig kollisjonskontroll, og det derfor uansett ikke vil være mulig å begynne på byggingsarbeidet.

På grunn av at prosjekteringen var avhengig av vann- og avløpsløsningen kan dette prosjektet bli vurdert til å ha sekvensielle avhengigheter, som ble lagt frem i kapittel 2.2.3.

Sekvensielle avhengigheter er den mer tradisjonelle måten å jobbe på i bygningsarbeider, sier Knotten et al. (2015). Det er derfor ingen overraskelse at det ble jobbet slik i Ryenprosjektet heller. For at MMI skal kunne fungere optimalt vil det være nødvendig å jobbe mer synkront mellom fagene og aktørene. Det bør jobbes mer mot intensive avhengigheter slik at prosjektet kan gjennomføres så effektivt som mulig. En slik gjennomføring trenger dog en tett koordinering mellom alle i prosjektet.

Fra intervjuene kommer det også frem at det har vært utfordrende å få fagene til å forstå hva av eksisterende anlegg som er nødvendig å modellere, og viktigheten av å kommunisere dette mellom fagene. En av konsulentene forteller:

Underveis i prosessen så dukket det jo opp at fagene ikke hadde tatt en vurdering god nok på eksisterende situasjon. Faget hadde klart det for sin egen del, men det hjelper jo ikke når du ikke klarer å kommunisere problemstillingene til de andre fagene.

Denne avhengigheten til eksisterende infrastruktur kan føre til problemer ved bygging og bør vurderes opp mot kost-nytte. Det vil være nødvendig å legge føringer for hva som er kritisk å ta med i prosjekteringen av anlegget, og hva som er mer hensiktsmessig å tilpasse ved gjennomføring på anleggsplass. Denne grensen for kost-nytte vil variere for hvert prosjekt og det er derfor nødvendig å ha gode undersøkelser på infrastrukturen før prosjekteringen. Kommunikasjonen mellom fagene på hva som er modellert opp av eksisterende infrastruktur er det som er kan forbedres ved innføringen av MMI-nivåer i modellen.

De ulike fagene har jobbet i sine egne fagmodeller for så å samle disse i en felles modell med Quadri (se kapittel 2.6.2). Ved prosjekteringsmøtene, før hver leveranse, ble det gjennomført tverrfaglige kontroller for å sikre at modellen ikke inneholdt kollisjoner mellom fagene. Dette er noe som vil forbli nokså likt selv med innføring av MMI, da det fortsatt må gjennomføres tverrfaglige kontroller. Det skal dog i prinsippet være mulig å gjennomføre disse kontrollene raskere, da det skal være større tverrfaglig kontroll når de ulike fagene kan bruke modellen til å se hvordan objektene ligger an ved MMI-nivåene.

På grunn av problemene med grunnen i dette prosjektet er det vanskelig å se for seg hvordan prosjekteringen ville gått ellers. De prosjekterende mener at det ikke har vært andre faktorer enn endringen av overvannsløsningen som har forårsaket utsettelse

på tvers av fagene. Dette er dog forsinkelser som kan oppstå i et hvert prosjekt og kan være vanskelig å ta høyde for før prosjekteringens oppstart.

4.1.4 Planlegging av prosjektet

Det var ikke benyttet noen involverende planlegging som for eksempel Last Planner eller lignende gjennom prosjektet (se kapittel 2.2.5). Fra byggherre var det satt en start- og sluttdato for prosjektet, så det var denne tidsrammen de prosjekterende planla rundt.

Fra den tilgjengelige litteraturen, som for eksempel Nøklebye (2018), kommer det frem at byggebransjen ved flere anledninger benytter Last Planner ved bruk av MMI i prosjekter. Dette gjøres ofte ved en fremdriftsplan med lapper som gjør det mer oversiktlig for fagene å vite når ulike elementer må ha oppnådd et visst MMI-nivå for at byggearbeidet kan begynne. En slik plan kan være interessant å forsøke å implementere i VA-bransjen også, da dette kan føre til en mer aktiv gjennomføringsprosess i prosjektet som kan hjelpe konsulentene å få en bedre samhandling med entreprenøren. Dette krever i de fleste tilfeller at prosjektet gjennomføres som en totalentreprise eller ved tett samarbeid mellom prosjekterende og entreprenør. Et tett samarbeid er nødvendig fordi Last Planner jobber mot at entreprenør skal jobbe parallelt med prosjekteringen i sanntid.

Det var satt opp noen milepæler gjennom prosjekteringen. En milepæl var å prosjektere ferdig overvannsanlegget både i fase én og to. Ut over det var det bare planlagt milepæler ved levering av hver av fasene. Dersom man skal benytte seg av MMI, vil det ofte være viktig å fastsette flere milepæler gjennom prosjektet, slik at fagene har flere holdepunkter der de må ha fastsatt et MMI-nivå. Dette bidrar til at de ulike fagene kan planlegge fremdriften for sine fagelementer opp mot kollisjoner av andre objekter i modellen.

Det har blitt gjennomført jevnlige prosjekteringsmøter både på tvers av fagene og med entreprenør. Disse har vært nødvendig for å oppdatere planen gjennom kommunikasjon mellom fagene og oppdateringer på fremdrift av bygging. Det som kan være interessant å se på ved møtestrukturen i prosjektet er hvorvidt det kunne ha vært spart noen møter, og dermed tidsbruk, ved å benytte seg av MMI i prosjekteringen. Dette skal bli vurdert videre i kapittelet om tidsbesparelse (kapittel 4.3.7).

4.2 Dagens tilnærming til BIM

4.2.1 Erfaringer med BIM

Alle de intervjuede kunne fortelle at de har kjennskap til BIM. Samtlige hadde også vært involvert i andre prosjekter enn Ryen-prosjektet som har tatt i bruk BIM. Byggherre og entreprenør hadde i hovedsak bare benyttet BIM i form av en prosjektert modell som ble benyttet ved bygging, mens konsulentene hadde tatt i bruk BIM mer aktivt. Da ved tilegnet informasjon i modell og samhandling gjennom modellen som for eksempel kollisjonskontroller.

Byggherre, som i dette tilfelle var Statens vegvesen, forteller:

Det er først de siste par årene at Statens vegvesen har begynt å ha litt fokus på BIM og samordningsmodeller i prosjekter. Så før det har det egentlig vært mest tegningsbasert, og det er det mye av fortsatt. For mange av entreprenørene på anlegg, spesielt de mindre, har ikke kommet så langt i BIM-verdenen.

Det at VA-bransjen har en god kjennskap til BIM er viktig for å videre kunne implementere MMI. Det vil være nødvendig at byggherre og entreprenør vet hvordan man kan hente ut informasjon, som for eksempel MMI-nivåer, fra modellen. Dersom disse aktørene ikke får tilstrekkelig opplæring i hvordan man kan lese informasjonen i modellen, vil det bli vanskelig for de utførende å bygge ut ifra kun modell.

Konsulentene forklarte at i de aller fleste tilfeller jobbet de modellbasert. De jobbet også med informasjonsdeling gjennom modell til de forskjellige fagene. To av konsulentene legger vekt på at det kan være vanskelig å formidle nytten av BIM ut til kunde (byggherre). En av dem forteller:

I prosjekteringen jobber vi jo alltid modellbasert, sånn at vi kan dele informasjonen, men det som kanskje mangler er den koblinga ut mot kunden. At de ikke helt ser mulighetene.

Byggherre mener også at det må være et klart formål og en kjent fordel med bruken av BIM for at de skal føle at de får utbytte av metoden og modellen.

Et hvert prosjekt jobber i bunn og grunn mot at kunden skal bli fornøyd. Derfor vil det være viktig at de ser nytten MMI fører med seg når det kommer til fremgang i prosjektet. Dette kan tyde på at det vil være nødvendig å fastsette en felles standard for hvordan bruken av MMI skal foregå i hvert prosjekt og hvordan det skal visualiseres. For at byggherre skal kunne følge fremgangen og forstå hvorfor det benyttes i prosjekteringen, kan det være en idé å jobbe mot en bedre visualiseringsplattform for å få et konkret bilde av hvor langt modellen er på vei. Dette kan for eksempel muliggjøres ved en visuell prosent der man kan se hvor langt unna hvert område er et nytt MMI-nivå. Dette kan da for eksempel være en egen plattform for byggherre utenfor modellen til de prosjekterende og utøvende.

Fra Styrvold (2019) har det også blitt sett på hvordan fremdriften i et MMI-prosjekt for byggebransjen kan visualiseres, og det diskuteres at PPU (Prosent Planlagt Utført) i et prosjekt som benytter Last Planner er en mulig metode som har fungert i flere prosjekter (Se kapittel 2.7.3). Det som kan være utfordrende med denne metoden er dersom ikke programmene for VA-bransjen blir mer tilrettelagt for å hente ut informasjon om MMI-nivåene vil det bli vanskelig å utforme en prosent fra det utførte arbeidet.

En av konsulentene som har bakgrunn fra byggebransjen mener at bruken av BIM er mer integrert i den bransjen enn for samferdsel. Her mener vedkommende at det var større bruk av *informasjon* i modell for byggebransjen, som gjorde at det ble mer intuitivt å benytte seg av modell enn av tegninger.

Vi er jo milevis bak (når det kommer til å bruke modell) på samferdsel.

Hvert fall på små prosjekter.

Intervjuede fra alle de tre rollene var enige om at VA-bransjen bruker BIM og modell mindre enn i byggebransjen. Dette kan tyde på at det vil være nødvendig for VA-bransjen som helhet å rette tankegangen sin mer mot BIM i prosjekt. Programmene for VA-modellering må tilpasses slik at det kan bli enklere å legge inn informasjon, samt at utførende må opparbeide seg mer kunnskap om hvordan denne informasjonen kan benyttes på byggeplass.

4.2.2 Bruken av BIM i Ryen-prosjektet

Som nevnt var dette basert som et tegningsløst prosjekt. Det skulle modelleres fagmodeller som skulle kollisjonskontrolleres i felles modell, for så å bli importert til en fremvisningsmodell for bruk av entreprenør (se kapittel 2.6.3).

For at dette skal bli gjennomført på en effektiv måte har det blitt benyttet en felles prosjektserver for filutveksling mellom fagene og aktørene. Her har det blitt lagt inn grunnlagsdata for prosjekteringen og grunnlagsdata om grensesnitt om installasjoner og planer. Disse blir så benyttet i prosjekteringsverktøyene for å forme fagmodellene. Når fagmodellene er klar for deling blir den plassert tilbake i filutvekslingsplattformen. Etter dette blir informasjonen og fagmodellene koblet sammen i en samhandlingsmodell, som for eksempel Navisworks.

Grunnet endringer som krevde ny saksbehandling fra kommunen, måtte prosjekterende allikevel levere tegninger i tillegg til modell. For vann og avløps-prosjekteringen måtte det produseres tegninger for alt av detaljer. Det ble derfor lite detaljering av kummene og rørstrekk i modellen, fordi denne ikke skulle benyttes i vesentlig grad. En av konsulentene forteller:

Jeg har sittet i flere møter på andre prosjekter hvor (vi og kunde) sitter og krangler på for eksempel en elektrotrasé når du har veilyskabelen også har du en mast. Så bruker du normalt sett ikke vi tid på å modellere inn at det trekkkrøret og den ledningen skal gå innom den masta og at den skal gå ut igjen i traseen. Men det bli veldig ofte påpekt som en mangel fra kunden. Så lenge entreprenør ikke skal bygge etter det så er det egentlig ikke vits å gjøre innsats med det.

Dette er kanskje ikke helt overførbart til VA da det ofte er viktigere å plassere ledningsstrekk med riktige høyder og fall. Det gir dog et bilde om at det ikke brukes tid på å modellere inn detaljer når modellen uansett ikke benyttes på byggeplass, men at kunden ofte syns dette bør være med. Det blir da et kost-nytte-spørsmål om hvor mye detaljer som blir verdt å ta med. Spesielt dersom verken kunde eller utøvende skal anvende modellen.

Flere av konsulentene er enige om at programmene som blir benyttet ikke er helt lagt til rette for utstrakt bruk av BIM. Dette har også bidratt til en lavere detaljeringsgrad

av modell i Ryen-prosjektet, da det vil være nødvendig å gå flere omveier i programmet for å oppnå at en høyere detaljeringsgrad kan benyttes på byggeplass. Det kommer frem at flere mener det kunne vært mer hensiktsmessig å implementere mer informasjon i modellen, dersom prosjektet hadde vært vesentlig større. Dette er på grunn av at hvis størrelsen på prosjektet er større, kan det være mer tid å tjene på å prosjektere mer informasjon inn i modellen, da alle prosessene skal gjennomføres flere ganger gjennom prosjektløpet enn på et lite prosjekt.

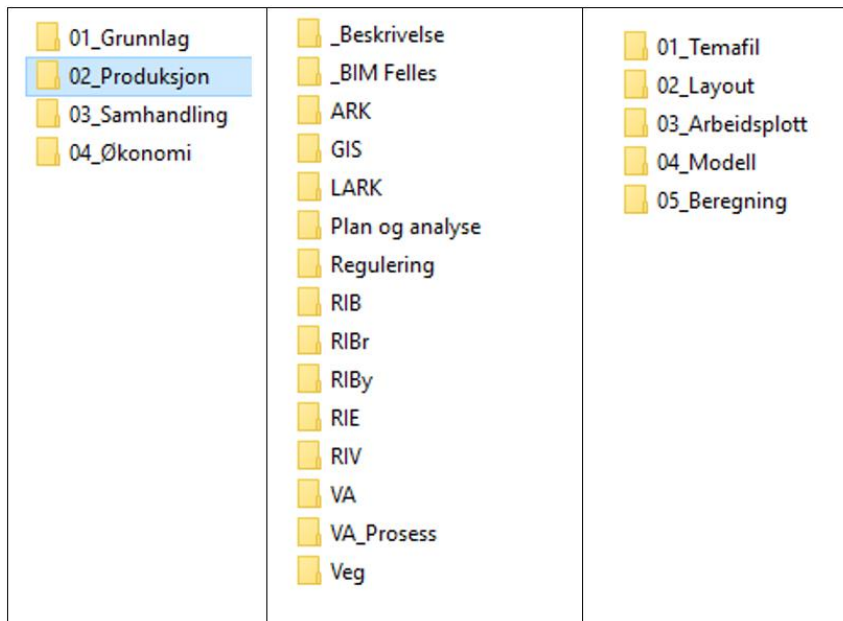
Kanskje vil det være nødvendig å se på størrelsen av prosjektet om hvorvidt det vil være hensiktsmessig å legge ved mer informasjon, som for eksempel MMI-nivåer, i modellen. Dersom prosjektets omfang er lite, vil det kanskje brukes unødvendig mye tid på å tillegge hvert enkelt objekt mye informasjon. Det vil derfor i slike situasjoner heller være viktig å legge ved informasjon over større strekk eller områder, slik at utøvende enkelt kan hente ut den nødvendige informasjonen for å bygge. Dette fører til bedre bruk av tiden til de prosjekterende. Hvis prosjektet derimot har et stort omfang med mange fag og aktører, over et større tidsrom, vil det være mer hensiktsmessig å bruke tid på å standardisere hvor mye informasjon som skal inn i modellen før prosjekteringen. Slik at denne informasjonen enkelt kan benyttes av både entreprenør og byggherre gjennom prosjektets levetid.

Av informasjon som er lagt inn i modellen har det vært mulig å benytte den for å ta ut lengder og posisjoner. Det er på grunn av koordinatfestet lokasjonsinformasjon i terrenget at stikker i prosjektet har kunnet benytte modellen (se kapittel 2.5.1). Det er mulig å tenke seg at dersom mer informasjon enn lengder og posisjoner hadde blitt lagt inn i modellen, kunne entreprenør brukt det mer aktivt i byggeprosessen, men igjen så krever dette en større forståelse fra arbeiderne om hvordan de kan hente ut nødvendig informasjon fra modellen.

4.2.3 Leveranser og revisjoner av modell

For å opprettholde en god samhandling ved bruken av BIM har det blitt satt opp en mappestruktur i filutvekslingsplattformen, som kan sees i figur 14. Mappedstrukturen i et BIM-prosjekt er ikke ulikt tradisjonelle oppdrag, men bygger oppunder BIM sin metodikk. Strukturen bidrar til å ha kontroll på hva som er grunnlagsdata, hva som er i produksjon,

hva som skal deles mellom ulike fag og hva som er klar for levering. Dette bidrar til å få større kontroll over de ulike fagenes leveranser inn mot fellesmodellen.



Figur 14: Mappestruktur på prosjektserveren.

Oppbyggingen til mappestrukturen på prosjektserveren er interessant fordi den fungerer litt som MMI i et prosjekt. Den store forskjellen er at ved bruk av MMI oppdateres de forskjellige fagene hovedsakelig gjennom modellen, mens i Ryen-prosjektet, og andre lignende BIM-prosjekter, så benyttes denne mappestrukturen og møter til å oppdatere fagene på ny informasjon og revisjoner. Ved implementering av MMI forsøker man å øke kontrollen over fremgangen i prosjektet. Det man jobber mot er at flere av punktene som fremkommer i mappestrukturen i figur 14 heller kan gjennomføres direkte i modell, som for eksempel å innhente informasjon om arbeidsplott og beregninger fra modellen, i stedet for gjennom mappene. Dette krever selvfølgelig at programmene som benyttes legger til rette for nødvendig informasjonstildeling og utveksling.

Selv om det er ulikheter mellom mappestrukturen og oppsettet til MMI så er det mulig å sammenligne hva som legges inn av informasjon i mappene. MMI-tabellen som ble utviklet av EBA, RIF og MEF hadde fire overordnede deler som skulle gjøres rede for ved hvert MMI-nivå (se kapittel 2.7.5). Den første delen er *Grunnlag og forutsetninger* som vil ha samme funksjon som mappen «01_Grunnlag» i figur 14. Videre kommer *Fagmodell og beskrivelse* som hører innunder mappen «02_Produksjon». Så deles delen *Avhengigheter og andre fagmodeller* opp i mappestrukturen. Her har man mappen

«03_Samhandling», men avhengighetene ligger også under hvert fag sine egne mapper og må kommuniseres gjennom møter for at alle skal ha alt av nødvendig informasjon.

Her er det mulig å tenke seg at det kunne vært spart tid og arbeid ved å ha et felles MMI-oppsett der alle jobber gjennom samme modell. I stedet for at alle fagene skal gjennom alle mappene og ikke nødvendigvis ha alt av essensiell informasjon lett tilgjengelig. Ved bruk av MMI kan informasjonsinnhenting mellom de prosjekterende bli en mer sømløs og effektiv prosess. Grunnet den like informasjonen som legges inn i mappestrukturen, kan mye av prosessene til de ulike fagene være overførbare til bruk av MMI, der det kan være aktuelt å ta i bruk MMI-tabellen til EBA, RIF og MEF fra kapittel 2.7.5.

Når det kommer til leveransene som kommer ut fra mappestrukturen så har fagmodellene blitt lastet opp på prosjektserveren, og BIM-koordinator har samlet disse i samhandlingsmodellen før kollisjonskontroll og så videre leveranse til entreprenør. Disse har blitt levert gjennom Sharepoint og over Teams. Dette er en prosess som vil måtte gjennomgås selv ved innføring av MMI.

Ved revisjoner har modellansvarlige fulgt opp og passet på at det har blitt gjennomført tverrfaglig kontroll før ny leveranse. Revisjonsfilene har blitt lastet opp over den gamle filen, men de utdaterte modellene ligger tilgjengelig inne i Navisworks. Fagene varsles om endringer ved nytt underlag for revisjoner. Fagene justerer modellen med ny informasjon for så å utveksle den på prosjektserveren. Det vil for hver ny opplasting være behov for kvalitetssikring for en tverrfaglig kontroll. Dette gjøres fortløpende gjennom møter og ved bruk av de delte filene på serveren. Etter dette utføres det kollisjonskontroll, Navisworksmodellen blir oppdatert og revisjonene blir markert i modellen før leveranse.

Det har vært flere leveringsdatoer gjennom prosjektet, men fra starten var det satt to milepæler for leveranser. Dette var for del én og del to av prosjektet. Det skulle leveres modell og tegninger for det aktuelle strekket. Det har gjennom møtene blitt kommunisert når neste leveransedato er, men det har ikke blitt benyttet noen planverktøy for å fastsette disse. Dersom det hadde blitt benyttet et planverktøy, som for eksempel Last Planner, er det mulig å tenke seg at det ville vært enklere for de ulike fagene å vite hva av prosjekteringsarbeidet som må gjennomgås før neste møte. Fra litteraturen ved Nøklebye (2018), Styrvold (2019) og Reitan (2019) kommer det frem at Last Planner ved MMI-

prosjekter har vist seg å være effektivt i byggebransjen. Oppsettet til Last Planner prøver å minimere feil på tvers av fag i prosjekteringen, samt å redusere feil i kommunikasjonen mellom de forskjellige personene som er knyttet til prosjektet. Ved å minske kommunikasjonsproblemer utenfor møtene, kan møtene bli gjennomført mer effektivt og det kan spares tid, selv om denne tiden i noen prosjekter kan være neglisjerbar, dersom prosjekteringen går uten nevneverdige problemer. Dette kan man se for seg for eksempel kan være prosjekter på en mindre skala, med lite komplisert prosjektering.

4.3 MMI i prosjekt

Som det ble beskrevet i kapittel 2.7.2 står MMI for Modell Modenhets Indeks og brukes for å måle modningsgraden av ulike elementer i en modell. I Ryen-prosjektet har det ikke blitt benyttet MMI. Gjennom dette kapittelet skal det bli sett på både hvordan MMI kunne blitt benyttet i Ryen-prosjektet og hvordan MMI generelt kan innføres i VA-prosjekter.

4.3.1 Erfaringer med MMI

Ingen av de intervjuede hadde tidligere vært på et prosjekt som benyttet MMI fullt ut. Entreprenør og byggherre hadde ikke kjennskap til MMI fra før. Blant konsulentene var det noe kjennskap til verktøyet, og to av de hadde anvendt MMI i en liten del av andre prosjekter. VA-ansvarlig hadde benyttet MMI opp til nivå 200 i forprosjekteringen til et tidligere prosjekt, hvor det ble brukt til å danne et grunnlag for kostnadsvurdering. BIM-koordinator er i startfasen av et samferdselsprosjekt, med VA-prosjektering, som skal forsøke å benytte MMI i prosjekteringen. Viktigheten av at alle i prosjektet må være innforstått med hvordan MMI fungerer blir påpekt fra flere intervjuede, og en av de som hadde erfaring med MMI i prosjekt fra tidligere forteller:

*Jeg ser at du må på en måte bli vant til å jobbe med MMI for at det skal ha
noe verdi i prosjektet.*

Det er altså lite praktisk erfaring rundt bruken av MMI i prosjekt fra de intervjuede. Fra byggherre og utførende sitt ståsted er det heller ikke mye kjennskap til hva MMI innebærer. Det å bygge opp en felles kunnskap på tvers av alle aktørene er noe som er viktig å legge vekt på dersom implementering av MMI skal kunne gjennomføres. Hvis ikke byggherre og entreprenør er på samme kunnskapsnivå rundt MMI vil det være vanskelig

å få noe nytte ut av det, siden MMI krever at i alle fall entreprenør aktivt følger fremgangen i modellen og bygger deretter. Aktørenes omforente forståelse av MMI trekkes også frem som et viktig punkt fra Norheim et al. (2020) for at implementeringen skal bli vellykket.

4.3.2 Bruken av MMI

For å få et inntrykk fra bransjen ble det stilt spørsmål om hvordan intervjuobjektene kunne se for seg at MMI kan bli benyttet.

Byggherre mener:

Økonomi og fremdrift er det vi er opptatt av og hvis MMI gjør at man kan jobbe raskere, mer effektivt, korte ned på prosjekteringstiden så er jo det en fordel.

For at byggherre skal få et klart bilde over hva MMI tilfører prosjektet er det essensielt at de får en nøye innføring i hvordan det benyttes, men siden det er de som er kunden og legger føringene for prosjektet, så vil det være nødvendig at de selv innfører rutiner om MMI i deres prosjekter.

Fra prosjekterende sin side mener de det er en fordel å kunne se utviklingen av modellen fra de ulike fagene. Her blir det lagt vekt på det at man kan se hvor i løpet de andre fagene er ut ifra modell, og for eksempel kunne bestemme hvor traseen til et annet fag går og hvor mye plass de trenger. Dette kan da føre til mindre tid til å modellere inn noe som ender opp med å kollidere. Da kan man, ved å bare bruke modell, se at føringene i traseen er korrekte, men at ikke alle detaljene nødvendigvis er på plass.

Koordineringen av fagene seg imellom blir altså sett på som et punkt der det er mulig å tjene inn mye tid i prosjektet ved bruk av MMI. Dette er et punkt som går igjen når det kommer til fordelene av MMI og er dokumentert fra litteraturen fra byggebransjen, ved Reitan (2019) og Nøklebye (2018) som en fordel til bruk av MMI.

Flere av konsulentene mener også at det kan være en gevinst i at kunden kan følge fremdriften til hver del av modellen. En av rådgiverne mener også at det kan legge et ekstra press på de prosjekterende opp mot kunde når man kan visuelt se fremgangen i modellen.

Og når vi lempet (MMI-nivåer) fysisk ned i modellen, så sitter det der. Du kan liksom ikke jukse deg frem til noe og si at «ja, vi er helt ferdig», for når du går inn i modellen, så «nei, nei», den er ikke ferdig.

På grunn av mange ulike programmer og verktøy som blir benyttet i VA-bransjen, er det viktig at det blir utviklet enkle fremvisningsverktøy som kan legge frem fremgangen på en god måte. Det kan fort bli vanskelig for en byggherre, som kanskje ikke har så mye kunnskap rundt prosjekteringsverktøyene innad i de ulike fagene på et prosjekt, faktisk å forstå hvordan fremdriften i prosjektet er til enhver tid.

Bruken av modellen blir trukket frem som et viktig element av nytteverdien i implementeringen av MMI. Både fra rådgivere og entreprenør blir det lagt vekt på at modellen må bli benyttet på byggeplass for at MMI skal gi noen positiv innvirkning på prosjektet, som også blir påpekt ved Norheim et al. (2020). Dersom modellen bare ligger som tillegg til 2D-tegninger så mener flere at det vil være bortkastet å benytte seg av MMI. Det må derfor et skifte til i hvordan den utøvende delen av VA-bransjen jobber på byggeplass når det kommer til bruk av modell. Dersom modellen ikke blir benyttet av entreprenør, vil det sjelden ha noen nytte å legge enda mer innsats inn i prosjekteringsarbeidet av den hvis det uansett må produseres 2D-tegninger i tillegg.

Det er også en enighet om at hvis MMI skal benyttes må det bli bedre lagt til rette for dette. Både som metode og i praksis i modell. Alle de involverte aktørene må være på bølgelengde når det kommer til hva som legges til grunn for hvert MMI-nivå. Kanskje kan en tenke seg at vil være mulig å ta i bruk forslaget til EBA, RIF og MEF for hva som skal legges til grunn for bruken av MMI i VA-bransjen. Det er i alle fall en standard som er utformet av fagfolk som vil gi en pekepinn å starte etter i hvert enkelt prosjekt når MMI-nivåene skal utformes. Ved å ha en standard å starte fra vil det ikke være like stor tidsmessig bruk av å innføre MMI i nye prosjekter. Størrelsen på prosjektet må igjen tas i betraktning da det mest sannsynlig ikke vil være verdt det, tidsmessig, å legge mye innsats rundt MMI-nivåene for et lite og enkelt prosjekt. Med mindre alle aktørene har god kjennskap og kontroll på det fra før. Rundt dette med om størrelsen på prosjektet har noe å si for implementeringen av MMI er det lite litteratur på, da alle prosjektene som er dokumentert har vært av større skala. Det vil derfor mest sannsynlig være nødvendig med noe prøving og feiling ved mindre prosjekter for å finne ut eventuelle tidsbesparelser.

Det er også en skepsis til at det vil bli mer å gjøre og sette seg inn i, uten noen stor gevinst. Det å måtte legge inn hvert nivå på hvert enkelt objekt blir trukket frem som en prosess som vil koste mye tid. Dette tyder på at programvaren må forenkles når det kommer til å legge til MMI-nivåer for at de prosjekterende skal føle at de ikke bruker for mye tid på å manuelt legge inn all informasjonen rundt MMI-nivåene. Det kan argumenteres for at det allerede er mye data som legges inn manuelt av de prosjekterende, så det vil muligens ikke legge til altfor mye tid. Det trekkes dog frem:

Men det er jo bare en ny arbeidsprosess. En ny måte og jobbe på. Så man vender seg jo til det og.

4.3.3 Endring av MMI-nivåer

Jeg tror jo man burde (kunne degradere MMI-nivåer) for å holde sporbarheten i det. Fordi at vi prosjekterer jo dessverre litt for sjelden riktig første gang. Ikke fordi vi nødvendigvis prosjekter feil, men fordi det kommer inn endringer.

En degradering i MMI-nivåene mener flere at må være mulig for å kunne opprettholde en flyt i prosjektet, som også blir trukket frem som et viktig punkt hos Styrvold (2019). Dette vil si at det skal være mulig å flytte MMI-nivået ned et hakk, fra for eksempel 300 til 200, dersom det er nødvendig. Et konkret eksempel som blir trukket frem er dersom det har kommet inn en forespørsel om å flytte en kum en halv meter, må man gjennomføre en helt ny tverrfaglig kontroll av området rundt. Hvis man da hadde markert objektene rundt kummen med MMI nivåer før den tverrfaglige kontrollen, vil det da være nødvendig å nedskalere nivåene her til MMI 200 igjen. Det MMI derimot fører med seg her er at fagene da, i teorien, vil kunne hente ut nok informasjon fra MMI-modellen for å justere objektene i sine fagmodeller. Det vil da være behov for færre møter for å få frem avhengighetene mellom fagene.

Hvordan man skal kunne nedskalere MMI-nivåene er viktig å standardisere for hvert enkelt prosjekt. Dersom dette ikke blir bestemt vil det fortsatt være nødvendig å opprettholde en konstant kommunikasjon mellom fagene for at det ikke skal oppstå misforståelser ved revisjoner. Dette kan muligens gjøres så enkelt som å plassere en merknad i modellen om at en av komponentene har blitt revidert ned et MMI-nivå, slik at

det vil være nødvendig for fagene rundt dette objektet å ta en ny kontroll av sine elementer. Dersom det gjøres så enkelt vil det kanskje være vanskelig å se gevinsten ved bruk av MMI når man uansett å følge med på revisjonene fra andre fag. Dette kan tyde på at et mer komplekst prosjekt med flere fag, mange elementer og kompleks infrastruktur, vil ha mindre gevinst ved bruk av MMI dersom det blir nødvendig med mange nedskaleringer av MMI-nivåene som fører til nødvendigheten av bedre samhandling og mer kommunikasjon mellom fagene. Det kan derfor tenkes at det vil være vanskelig å få til en produktiv MMI-gjennomføring dersom programmene ikke legger til rette for at fagene enkelt kan justere MMI-nivåene ved ny informasjon. Det skal bli sett mer på hvordan MMI-nivåene kan legges inn i en modell i kapittel 4.4.

4.3.4 Oppdeling av MMI-nivåene

Fra kapittelet om MMI i Norge ble det vist at det er mulig å legge til flere MMI-nivåer enn de seks standardiserte (se kapittel 2.7.4). To av de intervjuede mener det kan være hensiktsmessig å dele opp i mer detaljerte MMI-nivåer, dersom det er et større prosjekt med mange avhengigheter fra forskjellige fag. Det er en idé om at enkelte fag kan ha sine egne MMI-nivåer, som for eksempel at VA kan ha et nivå for at kummene er satt, men ikke nødvendigvis ledningene, slik at elektro kan se hvor kummen ligger som en hindring.

En av rådgiverne reflekterer:

Det må være litt større prosjekter (enn Ryen) tror jeg. Det må jo kanskje være veldig kompliserte prosjekter hvor, la oss si det er veldig trangt og det er mange fag involvert. Så kan det jo være at det er hensiktsmessig å dele det opp mer. Og at det er forskjellige faser også.

Det trekkes frem fra flere at det vil være nødvendig med et vesentlig større prosjekt enn Ryen, for at det skal lønne seg å dele opp i mer detaljerte MMI-nivåer. Igjen legges det også vekt på at dette vil være nødvendig å vurdere fra prosjekt til prosjekt, da ingen prosjekter er helt like. Dette er vanskelig å sammenligne med litteraturen fra tidligere MMI-prosjekter da disse som nevnt har vært større prosjekter.

Kanskje kan en tenke seg at det ikke vil være hensiktsmessig å bruke mye tid på å komme opp med flere MMI-nivåer dersom prosjektet er lite. Det kan føre til at det brukes unødvendig mye ressurser på å finne på nye nivåer, som igjen fører til større krav om

styringen av prosjektet. Hvis det blir opprettet en mer standardisert liste over vanlige MMI-nivåer for VA, som for eksempel oppsettet til Norheim et al. (2020), kan det derimot tenkes at det kan være tidsmessig lønnsomt å ha med mer oppdelte nivåer. Om det er et stort prosjekt med mange kummer og rørstrekk kan det tenkes at det kan være større utbytte av mindre nivåer siden det uansett må brukes mye tid til å holde styringen på alle objektene.

4.3.5 MMI i Ryen-prosjektet

Intervjuobjektene ble spurt om hvilke tanker de hadde rundt en innføring av MMI i Ryen-prosjektet.

Modellen i Ryen-prosjektet har for det meste bare blitt benyttet av stikker. Det har derfor blitt lagt lite vekt på modellens detaljeringsgrad og utvikling. Fremgangen i modell mellom starten av projekteringen og leveranse har derfor ikke blitt systematisk kartlagt. Det kan derfor være vanskelig å se hvordan MMI positivt ville påvirket prosjektet på anleggsplass.

Følelsen av kontroll, både for fagene, men også for prosjekteringsleder, prosjektleder og BIM-koordinator hadde nok vært større (med MMI). Fordi vi kunne hele tiden ha fulgt opp uten å nødvendigvis ringe fagene å spørre om det de har lagt inn faktisk er ferdig eller bare under arbeid.

Kontrollen og overblikket i prosjektet mener flere at kunne vært bedret dersom MMI hadde vært innført, både for de prosjekterende, men også for entreprenør og byggherre. En visualisering av modellstatus blir også trukket frem som viktig av Reitan (2019), slik at interessenter har en forståelse for statusen til modellen. Her er det igjen viktig at programvaren for VA blir utviklet slik at det blir enkelt for alle aktørene å se fremgangen i prosjektet. For at kontrollen i prosjektet også skulle ha blitt bedret ved bruk av MMI, ville det mest sannsynlig vært nødvendig å innføre en mer aktiv styringsform også, slik som for eksempel Last Planner, dersom man skal ta notater fra byggebransjen. Det man sitter igjen med etter dette vil eventuelt være oppspart tid.

4.3.6 Prosjektets omfang

Størrelsen på prosjektet mener flere at vil spille en rolle i spørsmålet om hvorvidt MMI vil være fornuftig å innføre. To av intervjuobjektene mener Ryen-prosjektet ville vært stort nok for å ha nytte av MMI, mens resten mener prosjektet burde vært enda større før man vurderer å ta det i bruk. Alle er enige om at prosjektet minimum må være tverrfaglig, med flere enn to fag.

Tidsperspektivet vil også ha noe å si om det vil være verdt å innføre MMI. Ryen-prosjektet skulle opprinnelig ikke ha en veldig lang prosjekteringsperiode. Derfor mener to av de intervjuede at det ikke ville vært hensiktsmessig å planlegge dette prosjektet med MMI fra starten. Et prosjekt der prosjekteringen strakk seg over enda lengre tid ville hatt mer å tjene ved bruk av MMI.

Kanskje vil være nødvendig å se på størrelsen av prosjektet om hvorvidt det vil være hensiktsmessig å implementere MMI fra et kost-nytte-perspektiv. Hvordan detaljeringsgrad man skal ha på de ulike MMI-nivåene kan ha mye å si på prosjektets størrelse. Fra litteraturen omkring bruken av MMI i byggeprosjekter i Norge, ser man at de fleste av prosjektene som har tatt det i bruk er vesentlig større enn Ryen-prosjektet. Det har ikke blitt funnet kilder fra mindre prosjekter som har benyttet MMI. Det er derfor vanskelig å vite hvor detaljert man skal bruke MMI-nivåene i mindre prosjekter, som for eksempel Ryen-prosjektet. Det vil nok derfor være nødvendig med noe prøving og feiling ved de første MMI-prosjektene for å finne ut av hvor detaljert man bør være. En grovere MMI-inndeling kan gi en bedre gjennomføring av et mindre prosjekt sett fra kost-nytte, siden det vil kreve mindre styring gjennom prosjektet når det er en begrenset gjennomføringstid. Motsatt kan et større prosjekt med mange aktører ha nytte av med standardiserte og detaljerte MMI-nivåer for å ha bedre kontroll.

Norheim et al. (2020) mener at geografiske inndelinger av modellen er essensielt for bruken av MMI. De foreslår å benytte seg av en PNS (Prosjektnedbrytningsstruktur) for å bryte opp prosjektet i håndterbare størrelser (se kapittel 2.2.2). Disse delene kan for eksempel være områder, prosesser, objekter eller fag. I Ryen-prosjektet kunne det vært veldig enkelt delt opp bare i fag, eventuelt også delt opp i del én og del to av traseen. Dersom prosjektet var av større omfang kunne det blitt aktuelt og delt det opp i for eksempel kummer, magasiner, delstrekk og lignende.

4.3.7 Tidsbesparelse

Fra rådgiver sin side er det flere som mener det kunne vært mulig å ha spart tid i prosjektet dersom det hadde blitt MMI hadde blitt benyttet. Det kommer frem at det brukes mye tid på telefon eller over teams på å få frem informasjon eller grave i ting omkring modellen, som kunne vært spart. En av konsulentene reflekter om MMI kunne hjulpet på kommunikasjonen i prosjektet:

Jeg tror det kunne vært veldig bra. For det er ofte mye spørsmål. Det er vanskelig å få fagene til å koordinere seg selv imellom. Selv på små ting.

Dette bygger de oppunder ved at det kunne ha vært spart flere av de løpende koordineringsmøtene mellom fagene, dersom det hadde vært mulig benytte seg av modell for å se avhengighetene og modenheten ulike steder i modellen, i stedet for å ta kontakt seg imellom.

Noen av prosjekteringsmøtene kunne kanskje også vært unngått dersom det hadde blitt enklere å ta status på fagene gjennom modellen. Revisjoner og utsettelse mente flere av de intervjuede at førte til en periode som var lite konstruktiv, fra et produksjonsperspektiv.

Det at konsulentene mener det på generell basis kan være tidsbesparende å ta i bruk MMI er viktig å ta med videre når MMI eventuelt skal implementeres. For at det kan bli bestemt om det faktisk spares noe tid ved MMI, må dette måles i ulike prosjekter som forsøker å ta i bruk MMI. Det vil mest sannsynlig ikke ha store utslag umiddelbart, da det trolig vil ta tid for de fleste prosjekterende å komme seg inn i nye rutiner knyttet til MMI, men over tid vil det være mulig å se effekten. Selv om arbeidet i byggprosjektene ble mer effektivisert, betyr ikke dette at det vil være direkte overførbart til VA-bransjen, da det her ofte må tas hensyn til mer eksisterende infrastruktur og det benyttes annen programvare. Det bør dog være mulig å se for seg at det vil bli mindre behov for de mindre interaksjonen mellom fagene, da det i prinsippet skal være enkelt å gå inn i modellen og lese av hvor de andre fagene er i prosjekteringsløpet.

Jeg tror nok at resultatet av prosjektet og forsinkelser vi opplever hadde vært de samme uansett (om MMI hadde vært innført eller ikke).

Prosjektets tidsramme mente flere at ville vært den samme selv om det hadde blitt innført MMI. Det menes at resultatet av prosjektet og forsinkelsene som kom underveis ville vært de samme uansett styringsmetode, grunnet ytre forhold. Ved Ryen-prosjektet var det grunnforholdene som i hovedsak forårsaket forsinkelsene, og det da ville vært vanskelig for andre fag å fortsette prosjekteringen sin i forhold til tidsskjema da de uansett måtte ventet på VA-løsningen. Dette kan tyde på at innføringen av MMI ikke vil ha noen positiv effekt på tidsbesparelsen i prosjektet dersom det ikke er indre årsaker som fører til forsinkelsene. Dette er dog bare ett eksempel, så det er fullt mulig at det vil være andre ytre årsaker der MMI kan hjelpe til med å hente inn tid ved forsinkelser.

4.4 Programvare

Som nevnt flere ganger i diskusjonen gjennom denne oppgaven, så er det essensielt at programvaren som blir benyttet er tilrettelagt for implementeringen av MMI. Både det å tilegne en modell MMI-nivåer og det å visualisere fremgangen til prosjekteringen må ligge til grunn i programmene. Det å automatisere prosessene ved innlegging av MMI-nivåene er også nødvendig, som en rådgiver reflekterer rundt:

Hvis du kommer ut på fire mil ny motorvei (...) og du skal inn å peke på objekter og gi de ulik status, da skal du jaggu meg huske godt for å klare å endre det objektet ved neste leveranse.

I Ryen-prosjektet ble det brukt programmer som er godt utbredt i VA-bransjen og som blir benyttet i de fleste VA-prosjekter. Programmene som ble benyttet for prosjekteringen var Novapoint med Quadri, AutoCAD og Focus Vardak, mens Navisworks ble benyttet for samhandlingsmodellen og som innsynsverktøy. Det har ikke vært noen samhandling gjennom modellen annet enn ved kollisjonskontroller som ble utført av BIM-koordinator og på jevnlige prosjekteringsmøter.

4.4.1 Problemer ved programvaren

I byggebransjen er det flere programmer der det er mer lagt til rette for å tilegne objekter informasjon enn i VA-bransjen. Fra Dyver og Nilsen (2020) kommer det allikevel frem at programvaren for VA er godt egnet for å prosjektere med BIM, men at det kan være utfordrende å legge ved informasjon ved modellering av egendefinerte objekter. Det å

koble objektsinformasjon i modellen er noe flere av de intervjuede ser på som kanskje den største utfordringen ved implementeringen av MMI i prosjekter.

For at MMI skal fungere optimalt bør det være enkelt å legge inn og hente ut data om MMI-nivåene i de ulike elementene i modellen. Dette blir i dag sett på som en kronglete prosess ved dagens programvare, da man manuelt må inn å tilegne MMI-nivåer etter at fagmodellene er lagt inn i samhandlingsmodellen. En av konsulentene reflekterer:

Men da må (MMI-nivåene) være enkelt å endre på. Det er jo det som er. Det er for tungvint sånn som det er nå. Hvert fall hvis man må inn på hvert enkelt objekt og endre på ting. Først skrive ut 3D og så legge inn MMI indeksen. Ja da blir det mye ekstra arbeid. Og da gidder man heller ikke å ta det i bruk viss man ikke må. Da blir det bare til at man bruker ekstra ressurser på det rett og slett.

Her blir det belyst et viktig punkt når det kommer til MMI; at de prosjekterende ikke må føle at de gjør unødvendig mye arbeid uten å få noe særlig utbytte av arbeidet de legger ned. Det er derfor viktig at det skal være en enkel prosess å legge ved MMI-nivåene.

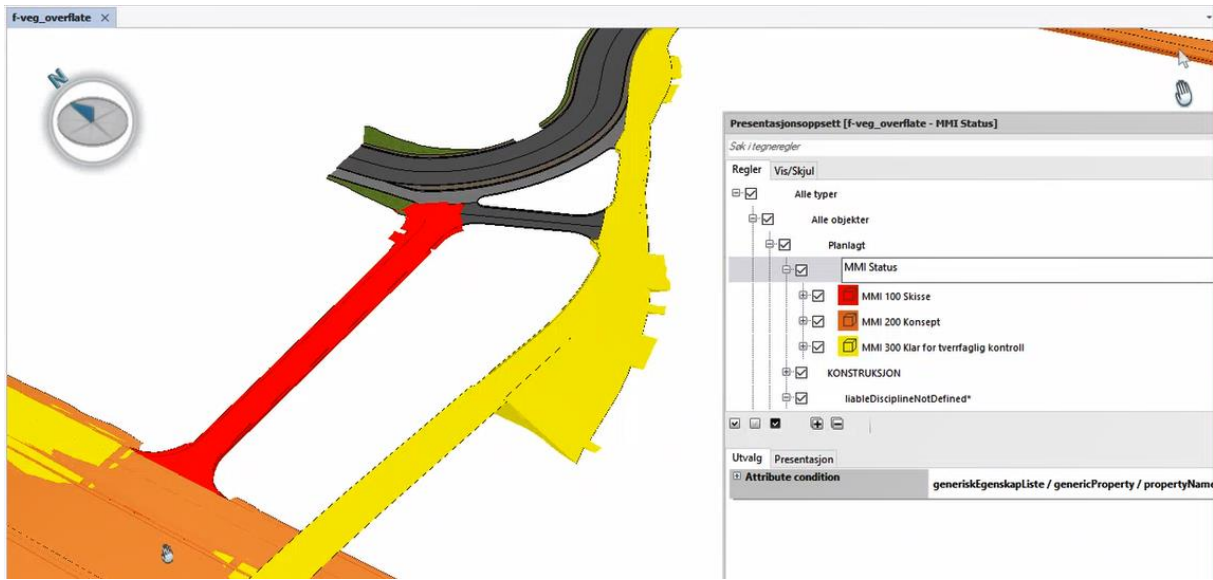
På grunn av at programmene som blir benyttet innen prosjekteringen av VA ikke er tilrettelagt godt nok for mange fag å hente ut nødvendig MMI-informasjon, vil det kanskje være nødvendig å ha et felles bindeledd i form av en person som har oversikt over MMI delen av prosjektet. Dette kan i de fleste tilfeller mest sannsynlig bli gjennomført av prosjektets BIM-koordinator. Innføringen av denne rollen blir også anbefalt av Nøklebye (2018).

4.4.2 Muligheter i programvaren

Fra intervjuene kommer det frem at flere ser hvordan det i praksis kan legges til MMI-nivåer i dagens programmer, men at det er en så vanskelig prosess at det vil ha lite positiv innvirkning på kost-nytte i prosjektet. Utviklingen av programmene er dog i stadig bevegelse og det har kommet oppdateringer til Quadri som forenkler MMI-prosessen. Fra intervjuene kommer det frem at tidlig i 2021 kom Trimble med en oppdatering i sitt program som forenklet prosessen å hente ut og fremstille informasjon i objekter.

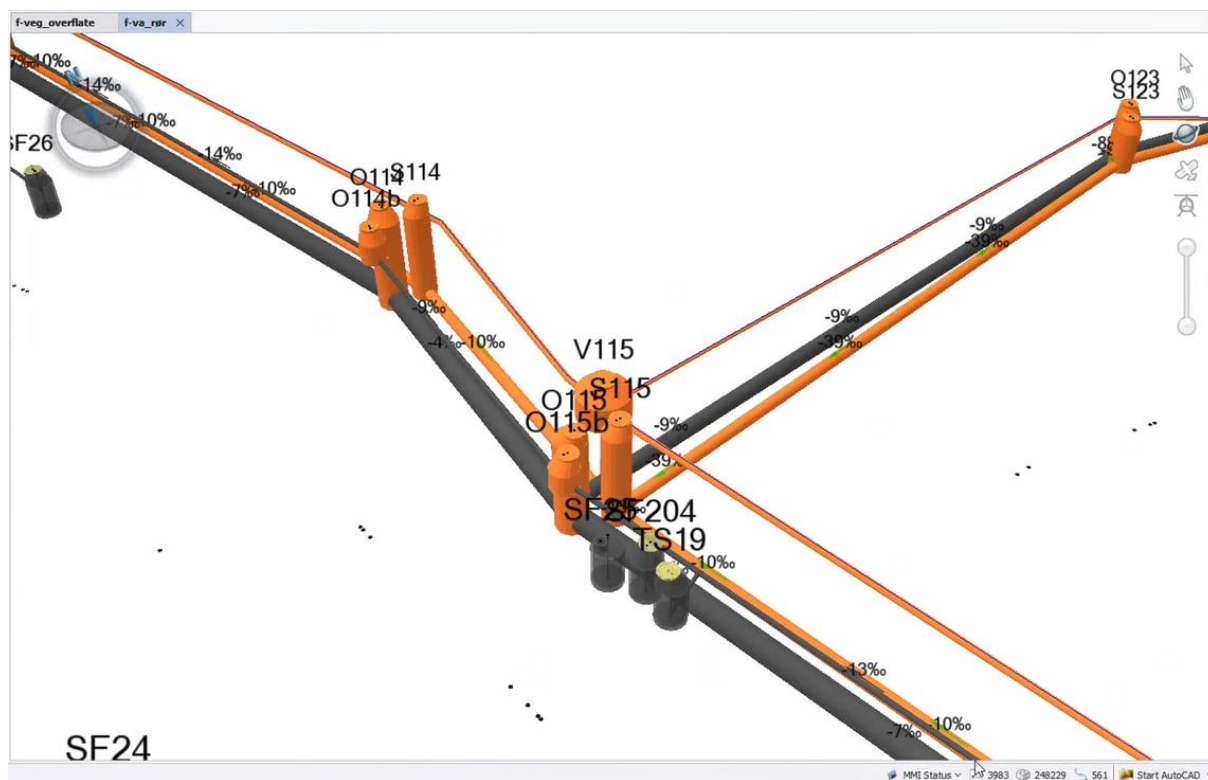
BIM-koordinator ga et innblikk i et annet prosjekt som hadde testet litt ut hvordan man eventuelt kunne tilegne en modell MMI-nivåer. Først forklares en prosess som har

vært mulig å gjennomføre tidligere. MMI-nivåene blir lagt inn som spesifikke egenskaper for enten et objekt eller et større område i modellen, men blir hentet fra et generisk attributt som er lagt inn i programmet på forhånd. Den spesifikke egenskapen som er MMI-nivået, må fortsatt tilegnes manuelt til hvert element. For at objektet skal kunne visualisere MMI-nivået må man også legge på nivået gjennom en tegneregulering som kan standardiseres i programmet. Dette blir presentert i figur 15.



Figur 15: Presentasjon av MMI-nivåer i modell. Rød er MMI100, oransje er MMI200 og gul er MMI300.

Figur 15 viste hvordan det kan se ut på overflaten med vei, mens i figur 16 ser man hvordan det kan se ut for et utklipp med VA-ledninger og kummer.

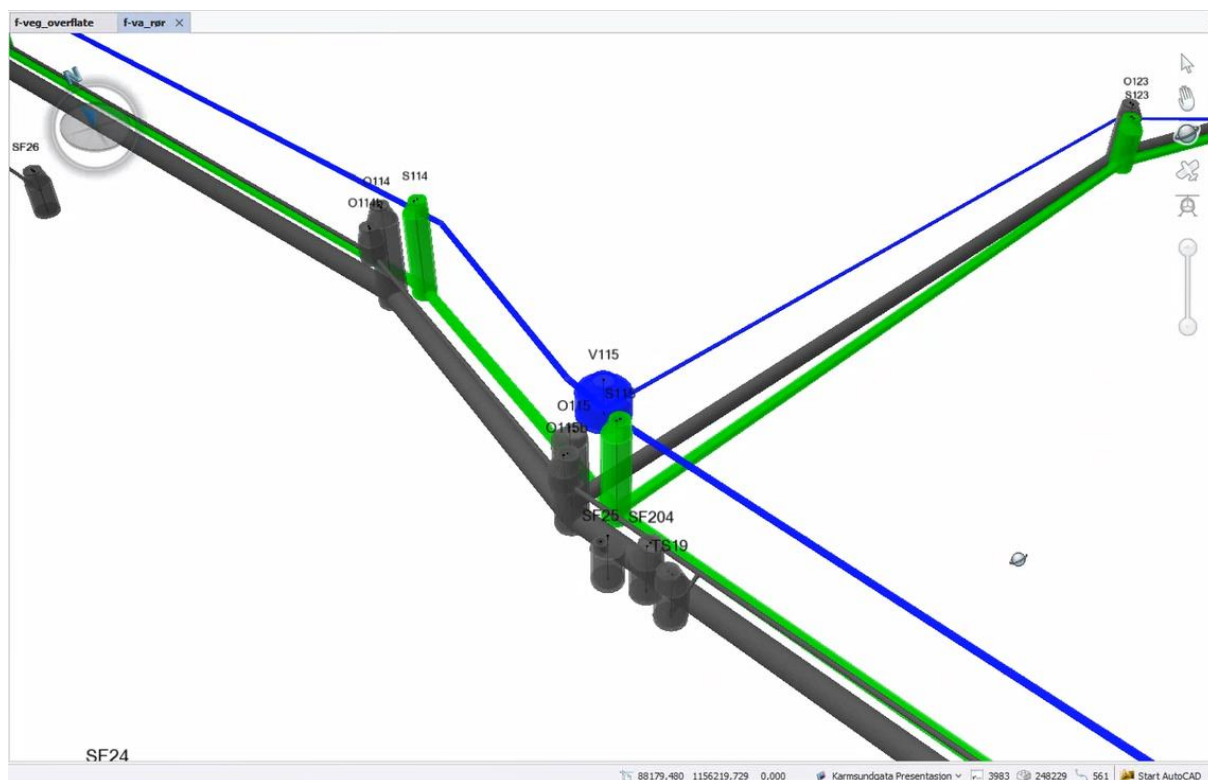


Figur 16: Presentasjon av VA-system med pålagte MMI-nivåer. Oransje er MMI200 og grått er objekter uten tillagt MMI-nivå.

For sammenligning så viser figur 17 hvordan det samme strekket ser ut med originale farger, altså uten tegneregelen som er lagt inn for MMI. Det at man tilegner objektene farger ut ifra MMI-nivåene for å gi et visuelt bilde av fremgangen, trekkes frem av Svalestuen et al. (2018) som en viktig bidragsyter for at flere skal få en god forståelse for MMI-fremgangen og at feiltolkninger minimeres. En av konsulentene legger også til:

Hadde vi brukt MMI'en aktivt, så ville vi også kunne fått fargelagt modellene våre (...), sånn at entreprenøren kunne ha visuelt sett hva det er som er klart til bygging.

Det vil derfor være viktig å jobbe etter de samme fargekodene gjennom hele prosjektet, i alle visualiseringsplattformene.



Figur 17: Utklipp av VA-system uten tillagte MMI-nivåer. Her er blå vannledninger, grønn er avløpsledninger og grått er overvannsledninger.

Det som er nytt i Quadri er en funksjon i egenskapsdata som kan filtrere ut og endre et objekts egenskapsattributter. I programmet kan man produsere maler som videre må implementeres i prosjektet, som kan filtrere ut sett med for eksempel ett spesifikt MMI-nivå. Da er det mulig å vise frem og eventuelt endre alle objektene som er tilegnet det MMI-nivået. I denne malen kan man legge til for eksempel filtrering på MMI-nivåer, om det er utført kvalitetssikring, hvem som eventuelt har gjennomført denne, osv. Gjennom disse malene er det også mulig å markere opp alle objektene i et større område for å tilegne disse MMI-nivåer.

Denne måten å jobbe i Quadri på er ny og det må bli sett nøyer på om det faktisk vil ha noen effekt på hvordan et MMI-prosjekt gjennomføres. Selv om denne prosessen gjør det enklere å filtrere ut MMI-nivåene, så vil det fortsatt ligge arbeid bak å tilegne alle MMI-nivåene i modellen. Det kan derfor tenkes at det vil være bedre for kost-nytte å benytte MMI for større områder, da dette ikke vil ta veldig lang tid i motsetning til å legge inn i hvert enkelt objekt.

Selv om man finner ut at denne nye funksjonen ikke effektiviserer prosjektet i vesentlig grad, er det uansett positivt at utviklerne jobber med å bedre programmene mot mer modellbasert prosjektgjennomføring.

5 Konklusjon

Denne gradsoppgaven omhandler implementeringen av MMI i VA-prosjekter. For å avslutte vil det som har blitt lagt frem og diskutert bli oppsummert og konkludert. Disse konklusjonene og anbefalingene har blitt vurdert gjennom litteraturgjennomgang, kvalitative intervjuer og casestudie av et prosjekt. Denne empirien har lagt grunnlaget for diskusjonen rundt problemstillingen:

Hva slags påvirkning kan MMI ha på prosjektstyringen i vann- og avløpsprosjekter?

Det var i introduksjonskapittelet lagt frem tre forskerspørsmål for å besvare problemstillingen. Videre vil det bli lagt frem en konklusjon på hvert individuelle forskerspørsmål.

Hva slags tilnærming har VA-bransjen til BIM og modellbaserte prosjekter?

Gjennom litteraturen og intervjuene er vurderingen at VA-bransjen benytter BIM og modeller i en lite tilfredsstillende grad. Dette er basert på at modeller blir tatt lite i bruk av byggherre og entreprenør. For at BIM skal fungere optimalt vil det være nødvendig at alle aktører benytter seg av modell i alle faser av prosjektet. Selv om konsulentbransjen tar i bruk modell i prosjekteringen, har dette lite effekt på prosjektet som helhet dersom denne modellen ikke blir tatt med videre i den utførende fasen.

Det kreves en modernisering av *hele* VA-bransjen om en skal få fullt utbytte av BIM. Opplæring og pådriv av BIM og modellbasert prosjektgjennomføring for aktørene i bransjen som ikke ser behovet, vil være nødvendig for at de skal forstå hvordan BIM kan brukes til å effektivisere prosjektene, og hvorfor dette vil være lønnsomt og positivt. De ulike etatene og byggherrene må være de som tar ansvar og setter krav for bruk av BIM og modell i prosjekter. Dette fordi det må være kontraktpålagt med bruk av modell og BIM dersom det ikke er noen annen pådriver for å bruke noe annet enn tradisjonelle tegninger.

Hvordan kan MMI implementeres i VA-prosjekter?

Gjennom empirien har det blitt vurdert at det vil være nødvendig å se på hvordan byggebransjen har tatt i bruk MMI i sin prosjektstyring, siden det er få kilder innen VA-bransjen å knytte gjennomføringen opp mot. Det kan allikevel være hensiktsmessig å hente ut nyttige bidrag fra publikasjonen til MEF, RIF og EBA om MMI i samferdselsbransjen (Norheim et al., 2020). Fra denne publikasjonen vil den fagvise beskrivelsen av MMI-nivåene være viktig å basere prosjektene på fra oppstart.

Fra litteraturen om byggebransjen, har de fleste prosjekter som benytter MMI vært totalentrepriser. Publikasjonen til MEF, RIF og EBA tar også for seg totalentrepriser for bruk av MMI i praksis. Denne entreprisen er mest benyttet fordi det er nødvendig med tett samhandling mellom aktører og fag for at avhengighetene i prosjektet ikke skal være ødeleggende. Det konkluderes med at en totalentreprise vil være hensiktsmessig, men ikke nødvendig for at MMI skal kunne implementeres i VA-bransjen. Det vil fungere med en utførelsesentreprise dersom det er en tett koordinering mellom prosjekteringsansvarlige og entreprenør.

Det konkluderes med at Last Planner vil være et viktig planleggingsverktøy for implementeringen av MMI i VA-bransjen. Dette blir sett på som en viktig prosess fra flere kilder, og MMI er godt egnet for planlegging av prosjekteringsleveransene som benyttes i Last Planner. Sammen med en soneinndeling i prosjektet, som for eksempel PNS, vil dette føre til god tverrfaglig planlegging og effektivisering av gjennomføringen. Planleggingsverktøyene sammen med modellen vil føre til at MMI kan være et nyttig verktøy for å visualisere fremgangen i prosjektet.

Er MMI hensiktsmessig i VA-prosjekter sett i forhold til kost-nytte?

Det konkluderes med at innføringen av MMI vil bidra til tidsbesparelse i VA-prosjekter. Dette gjennom en reduksjon av prosjekteringsmøter med andre prosjekterende og prosjektmøter med andre aktører. MMI vil også føre til mindre ekstra kommunikasjon for koordinering mellom ulike fag, og det vil også føre til mindre venting for ulike aktører. I hovedsak er det interne problemstillinger som kan løses ved innføring av MMI, mens eksterne utfordringer fortsatt vil føre til forsinkelser.

Den geografiske soneinndelingen er viktig å fastsette ved starten av hvert prosjekt. Altså hvor detaljert MMI-nivåene skal benyttes i modell. Det konkluderes med at dette vil

være nødvendig å vurdere ut ifra det individuelle prosjektet, men en pekepinn vil være at dersom prosjektet er av liten størrelse, vil det være hensiktsmessig å bruke MMI-nivåene over samlede områder, i stedet for objektbasert som man kan ta i bruk ved større prosjekter. Dette handler både om motivasjonen til de prosjekterende og for tidsperspektivet i prosjektet. I et lite og kortvarig prosjekt vil det ikke være hensiktsmessig å prosjektere inn MMI-nivåer for detaljert i modellen. Det kan derimot spares tid dersom det er mange elementer i modellen og prosjektet er komplekst og langvarig, så i dette scenarioet vil det være nyttig kostnadsmessig.

Selv om god soneinndeling av MMI-nivåer og mindre behov for møter og koordinering mellom fag vil føre til tidsbesparelse i VA-prosjekter, konkluderes det allikevel med at MMI totalt sett ikke vil føre til et mer tidseffektivt prosjekt. Denne vurderingen kommer av at det er en liten grad av BIM og modell som benyttes av entreprenør i VA-bransjen. Dette er et viktig aspekt av en effektiv MMI-innføring. Det konkluderes også med at utfordringer med MMI ved programvaren som benyttes i VA-prosjekteringen, vil føre til mer tidsbruk enn det tjenes inn ved andre faktorer. Dersom programvaren blir mer tilrettelagt for tildeling og sortering av MMI nivåer, kan MMI bli revurdert til å være hensiktsmessig for kost-nytte i VA-prosjekter.

Endelig konklusjon

Totalt sett konkluderes det med at MMI vil føre til tidsbesparelser for de prosjekterende, og kan bidra til god intern prosjektstyring i prosjekteringsfasen, men at det ikke vil være hensiktsmessig å innføre for prosjektet som helhet før programmene blir bedre tilrettelagt og modellen konsekvent blir benyttet i utførelsen.

5.1 Videre arbeid

Gjennom resultatene i denne oppgaven åpner det seg muligheter for videre forskning. Her legges det frem noen forslag:

- Finne ut hvordan man kan øke kunnskapen rundt BIM og modellbaserte prosjekter i VA-bransjen.

Dette er et viktig aspekt for at MMI skal kunne implementeres i VA-bransjen. Slik det er nå er det lite kostnadmessig nytte i å benytte seg av MMI siden ulike etater og aktører uansett vil benytte seg av 2D-tegninger over modeller. Det vil derfor være nødvendig at bransjen som helhet moderniseres og utvikle seg fra tegninger. Dette vil ikke bare ha en påvirkning på innføringen av MMI i bransjen, men kan også føre til bedre prosjektstyring og større effektivitet.

- Følge et VA-prosjekt som tar for seg MMI og se på hvordan dette oppleves kontra et tradisjonelt prosjekt.

Det er lite konkret litteratur på hvordan MMI benyttes i VA-prosjekter siden det ikke har blitt forsøkt innført i stor grad. Det vil derfor være svært nyttig å kartlegge et VA-prosjekt som forsøker å benytte seg av MMI og sammenligne gjennomføringen opp mot tradisjonelle prosjekter, både tegningsbaserte prosjekter og prosjekter som tar i bruk BIM og modeller.

- Sammenligne prosjektstyringen i flere prosjekter for å bedre kartlegge hva MMI kan bidra med.

Denne oppgaven tok i hovedsak for seg kun ett prosjekt og hvordan prosjektstyringen ble gjennomført her. Det vil derfor være aktuelt å sammenligne flere prosjekter med forskjellige utfordringer og av ulik størrelse for å se hva som går igjen og om det er noen fellesnevnerer der MMI kunne bidratt til verdiskapning.

- Finne ut hvordan programvaren kan optimaliseres for å benytte MMI mer effektivt.

I denne oppgaven ble det sett lite på hva som må optimaliseres i programvaren for at MMI skal kunne benyttes optimalt. Det blir derfor viktig å se på hvilke aspekter som er utfordrende ved bruk av MMI og hvordan disse utfordringene i programmene eventuelt kan løses. Her kan det være aktuelt å se på hvordan programmene i byggebransjen blir benyttet ved bruk av MMI og hva som er forskjellene til programmene i VA-bransjen.

Avslutningsvis vil jeg legge til et sitat fra en av de intervjuede, som godt forklarer hvordan den reelle implementeringen av MMI mest sannsynlig vil foregå og hvorfor MMI ikke vil bli innført over natten.

Det er en balanse. Det er masse som vil bli påvirket. Det er ikke bare å si; «kjempegøy, nå skal vi kjøre på». Vi må rett og slett starte med baby-steg i starten.

Referanser

- Abou-ibrahim, H., & Hamzeh, F. (2016).** *BIM : A TFV PERSPECTIVE TO MANAGE DESIGN USING THE LOD CONCEPT.* 3–12.
- Alexandersen, G. (2019).** *Fremdriftsmåling i BIM.*
- Autodesk. (2012).** *BIM for Infrastructure: A vehicle for business transformation.*
- Autodesk. (2021).** *Navisworks 3D-visningsprogram.*
<https://www.autodesk.no/products/navisworks/3d-viewers>
- Ballard, G. (2000).** The Last Planner System of Production Control. *University of California.*
- BIMForum. (2020).** *Level of development (lod) specification. December.*
- Borgestrand, O. (2018).** *NS8360 - 10 grunner til at byggherre må stille krav.*
https://www.nti.biz/no/blogg2/no/2018/no_ns8360---10-grunner-til-at-byggherre-ma-stille-krav/
- Bradley, A., Li, H., Lark, R., & Dunn, S. (2016).** Automation in Construction 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>
- Bygg21. (2016).** *Veileder for fasenormen « Neste Steg » - Et felles rammeverk for norske byggeprosesser. november, 1–36.*
- Cerri, D., & Fuggetta, A. (2007).** Open standards, open formats, and open source. *Journal of Systems and Software*, 80(11), 1930–1937. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2007.01.048>
- Cherkaoui, H. (2017).** *A History of BIM.* LetsBuild. <https://www.letsbuild.com/blog/a-history-of-bim>
- Construction Industry Institute. (2019).** *FR-332 - Measuring Progress and Defining Productivity Metrics in Model-based Engineering.*
- Digitaliseringsdirektoratet. (2019).** *Faseplan for gjennomføringsfase.*
<https://www.prosjektveiviseren.no/dokumentasjon/ledelsesprodukter/faseplan-gjennomforingsfase>
- Dolcemascolo, D. (2021).** *Achieving one-piece flow.*
<https://www.reliableplant.com/Read/14703/one-piece-flow>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011).** *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.* John Wiley & sons, Inc.
- Eriksen, H., Næss, V., Strøm, A., Thorsnes, A., & Ulseth, P. O. (2010).** *PROSJEKTERINGSPLANLEGGING OG PROSJEKTERINGSLEDELSE.*
- Fløisbonn, H. W., Skeie, G., Uppstad, B., Markussen, B., & Sunesen, S. (2018).** *MMI – Modell Modenhets Indeks.*
- Focus. (2021).** *Focus Vardak.* <https://www.focus.no/produkter/focus-vardak/>
- Garcia, G. (2017).** *MEASURING PROGRESS AND DEFINING PRODUCTIVITY IN MODEL-BASED ENGINEERING.*

- Hardin, B., & McCool, D. (2015).** *BIM and Construction Management Proven Tools, Methods, and Workflows* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Hinze, J. (2011).** *Construction Planning and Scheduling*. Pearson.
- Howell, I., & Batcheler, B. (2005).** *Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations*.
- Jones, S. A., Laquidara-Carr, D., Buckley, B., & Logan, K. (2017).** *The Business Value of BIM for Infrastructure 2017*.
- Kalsaas, B. T. (2017).** *Lean Construction Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen Fagbokforlaget.
- Knotten, V., Svalestuen, F., Hansen, G. K., & Lærde, O. (2015).** *Design Management in the Building Process - A Review of Current Literature*.
- Ledelsesspire. (2013).** *Prosjektnedbrytningsstruktur (PNS/WBS)*.
ledelsesspire.blogspot.com/2013/10/prosjektnedbrytningsstruktur-pnswbs.html
- Library of Congress. (2016).** *Industry Foundation Classes (IFC), Clear Text Family*.
<https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000447.shtml>
- Library of Congress. (2020).** *DWG (AutoCAD Drawing) Format Family*.
<https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000445.shtml#useful>
- Linge, G. N. (2021).** *Hva er egentlig... BIM*. Skanska. <https://relasjon.skanska.no/hva-er-egentlig-bim/>
- McArthur, J. J. (2015).** *A building information management (BIM) framework and supporting case study for existing building operations, maintenance and sustainability*.
- Mordue, S. (2019).** *Explaining the levels of BIM*. BIMplus.
<https://www.bimplus.co.uk/analysis/explaining-levels-bim/>
- Nesland, A. (2018).** *Erfaringer med BIM i planlegging, bygging og forvaltning*. NTNU.
- Nilsen, A., & Dyver, J. (2020).** *Vurdering av VA-bransjens mulighet og modenhet for fullskala BIM i prosjekteringsfasen*.
- Nøklebye, A. (2018).** *Enabling Lean Design with Management of Model Maturity*. June.
- Norheim, A., Haugbotn, A., Dahl, G., Smith, H. B., Nygård, J. A., Johannesdottir, K., Norgren, M., Sigurdsson, S. J., Rasmussen, S. G., Hansen, T. G., & Lystad, Ø. (2020).** *MMI – Modell Modenhets Indeks for samferdsel*.
- Olawumi, T. O., & Chan, D. W. M. (2019).** BUILDING INFORMATION MODELLING AND PROJECT INFORMATION MANAGEMENT FRAMEWORK FOR CONSTRUCTION PROJECTS. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25.
- Østby-Deglum, E., Svalestuen, F., & Drevland, F. (2013).** *Prosjekteringsledelse - teoretisk grunnlag*. NTNU.
- Overland, J.-A. (2018).** *TONE - strategi for kildekritikk*. NDLA.
<https://ndla.no/nb/subject:14/topic:1:185701/resource:1:169741?filters=urn:filter:94dfe81f-9e11-45fc-ab5a-fba63784d48e>
- Parija, S. C., & Kate, V. (2018).** *Thesis, Dissertation and Project*.
- Quirk, V. (2012).** *A Brief History of BIM*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>

- Reitan, K. (2019).** *Prosjektstyring og samhandling i detaljprosjektering ved bruk av Modellmodenhetsindeks.* NTNU.
- Reusch, M. (2019).** *byggherre.* SNL. <https://snl.no/byggherre>
- Statens vegvesen. (2015).** *Håndbok V770. Modellgrunnlag. Krav til grunnlagsdata og modeller.* https://www.vegvesen.no/_attachment/395908/binary/1098509
- Statens vegvesen. (2017).** *HÅNDBOK V771 - VEILEDNING KNYTTET TIL VALG AV KONTRAKTSTRATEGI.* https://www.vegvesen.no/_attachment/1777727/binary/1171060
- Strimbu, D. (2018).** *3D BIM vs 2D Drafting Workflows.* Bricsys. <https://blog.bricsys.com/3d-bim-vs-2d-drafting-workflows/>
- Styrvold, M. (2019).** *Planlegging av prosjekteringsprosessen i BIM - prosjekter Masteroppgave i Bygg og miljøteknikk.*
- Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O., & Lohne, J. (2018).** *Planning the building design process according to Level of Development.*
- Tran, K. M. (2019).** *BIM-modeller - Bygging uten tegninger og arbeidsprosessen på anleggsplass for samferdselsprosjekter.* April.
- Trimble. (2015).** *BIM-prosjektering til punkt og prikke.* <https://www.novapoint.com/bim-prosjektering-til-punkt-og-prikke>
- Trimble. (2017).** *3D BIM Modeling.* <https://constructible.trimble.com/construction-industry/3d-bim-modeling-level-of-detail-and-model-progression-specification>
- Trimble. (2021a).** *Klassifisering.* <http://help.novapoint.com/doku.php?id=no:np:base:reference:classification:start>
- Trimble. (2021b).** *Novapoint.* <https://civil.trimble.no/produkter/novapoint>
- Trimble. (2021c).** *Quadri.* <https://constructionsoftware.trimble.com/products/quadri/>
- Veier24. (2017, June 27).** *Sparer tid med BIM og VA-produktbibliotek.* <https://www.veier24.no/artikler/sparer-tid-med-bim-og-va-produktbibliotek/396606>
- Weisberg, D. E. (2006).** *The Engineering Design Revolution. February 2001, 1–51.*
- Westhagen, H., Faafeng, O., Hoff, K. G., Kjeldsen, T., & Røine, E. (2008).** *Prosjektarbeid, Utviklings- og endringskompetanse.*

Vedlegg

Liste over vedlegg:

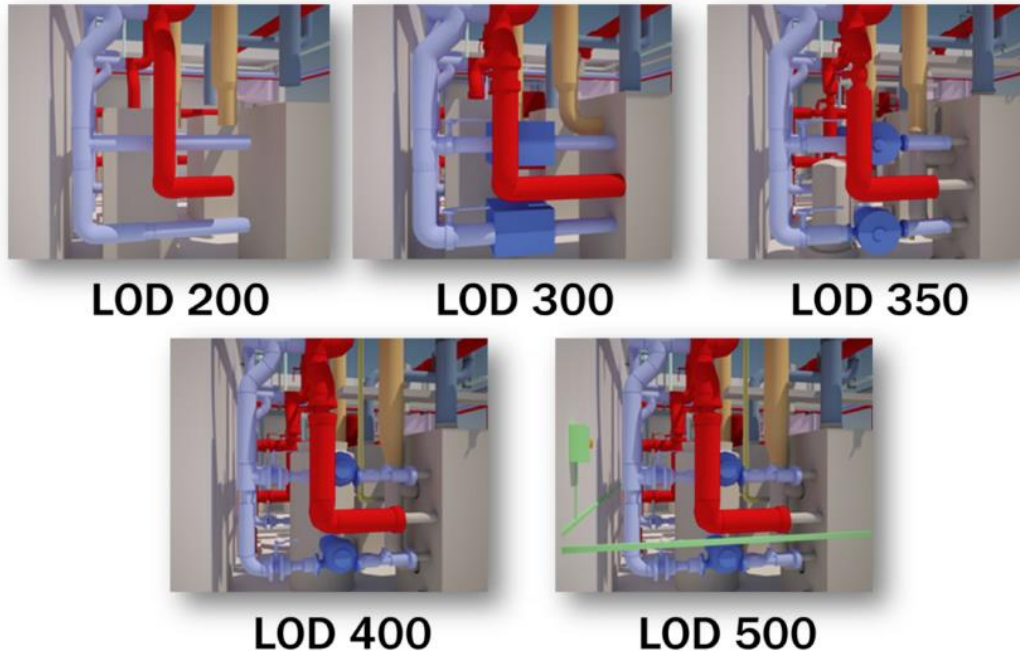
- Vedlegg 1: BIMForums veiledende standard for LoD-nivåer i en modell
- Vedlegg 2: Prosesser for oppnåelse av MMI-nivåer. Utarbeidet av MEF, RIF og EBA
- Vedlegg 3: Intervjuguide

Vedlegg 1: BIMForums veiledende standard for LoD-nivåer i en modell

BIMForum (BIMForum, 2020) har utviklet en veiledende standard for LoD-nivåene i en modell. Disse er som følger:

- **LOD 100:** Modellelementet kan være grafisk representert i modellen med ett symbol eller annen generisk representasjon. Informasjon relatert til modellelementet kan bli avledet fra andre modellobjekter.
- **LOD 200:** Modellelementet er grafisk representert i modellen som ett generisk system, objekt eller samling med omtrentlige verdier, størrelse, form, lokasjon og orientering. Ikke-grafisk informasjon kan også bli tildelt modellelementet.
- **LOD 300:** Modellelementet er grafisk representert i modellen som ett spesifikt system, objekt eller samling i form av antall, størrelse, form, lokasjon og orientering.
- **LOD 350:** Modellelementet er grafisk representert i modellen som ett spesifikt system, objekt eller samling av antall, størrelse, form, lokasjon, orientering og grensesnitt til andre byggesystemer.
- **LOD 400:** Modellelementet er representert i modellen som ett spesifikt system, objekt eller samling av antall, størrelse, form, lokasjon, orientering med detaljering-, fabrikkering-, montering- og installasjonsinformasjon.
- **LOD 500:** Modellelementet er verifisert som en representasjon av objektet som er bygget i form av størrelse, form, lokasjon, antall og orientering.

Formålet med bruken av LoD er å automatisere og standardisere løsninger for arbeids- og tidskrevende oppgaver i prosjekteringsprosessen. Dette fører til mer kontroll over leveransen til prosjektets aktører og ved å bruke ulike nivåer for LoD-utviklingen får man et overblikk over utviklingen til de forskjellige objektene i modellen. Dette visualiseres i figur 1.



Figur 1: Level of Detail for et utklipp fra innomhus infrastruktur (Trimble, 2017)

Vedlegg 2: Prosesser for oppnåelse av MMI-nivåer.

Utarbeidet av MEF, RIF og EBA

Tabell 1: Forklaring for prosessene som inngår for oppnåelse av MMI-nivåene. Utarbeidet av MEF, RIF og EBA (Norheim et al., 2020).

MMI – Model Modenhets indeks			
MMI	Navn		Beskrivelse
100	Skisse	Beskrivelse	Prosesen frem mot MMI 100 innebærer å etablere ett eller flere forslag til løsning i henhold til prosjektets mulighetsrom. Dette innebærer at det kan være modellert flere alternative forslag til løsninger og at det kan skje større endringer i design på kort tid. I prosessen frem mot MMI 200 velges løsninger og konsepter.
		Geometri	Objektene er modellert for å fremstille forslag til konsept i form av volumobjekter for å grafisk fremstille plassbehov for løsningen. Objektene er å betrakte som en skisse selv om det er modellert med tilsynelatende nøyaktig og detaljert geometri
		Informasjon	Utover merking med MMI, stilles ingen krav til informasjon på objektene.
200	Konsept	Beskrivelse	Objektene er å anse som gjennomarbeidet med tanke på design av konseptuell løsning. Det forutsettes at det ikke forekommer større endringer i konseptene som påvirker andre fag etter MMI 200.
		Geometri	Alle objektene nødvendig for å definere konseptene er modellert og grafisk fremstilt som generiske system med omtrentlige mengder, form, størrelse og plassering.
		Informasjon	Modellinformasjon om prosjekt og geografisk plassering iht. prosjektets krav. Objektene er klassifisert etter objekttype iht. prosjektets krav.
300	Alle tverrfaglige volum modellert	Beskrivelse	Ved MMI 300 skal objektene være koordinerte innen enkelt disipliners modeller. Objekter relevant for tverrfaglig koordinering skal være modellert og ikke være i konflikt med andre objekter i samme disiplin. Objektene skal ha riktig størrelse og plassering.
		Geometri	Alle objektene relevant for tverrfaglig kontroll er modellert, dvs volum med grensesnitt mot andre disipliner. Objektene er fremstilt, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.
		Informasjon	Modellinformasjon om prosjekt og geografisk plassering iht. prosjektets krav. Objektene er klassifisert etter objekttype iht. prosjektets krav.
350	Tverrfaglig koordinert	Beskrivelse	Ved oppnådd MMI 350 skal objektene være tverrfaglig koordinert med hensyn til alle objekter i tilgrensende disipliner. Tverrfaglig koordinering vil ofte være en iterativ prosess, først ved slutført koordinering mellom alle tilgrensende disipliner oppnår objektene denne statusen.
		Geometri	Alle relevante objekter er tverrfaglig kontrollert, dvs at alle grensesnitt mot andre disipliner er avklart. Objektene

			er fremstilt, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.
		Informasjon	Modellinformasjon om prosjekt og geografisk plassering iht. prosjektets krav. Objektene er klassifisert etter objekttype iht. prosjektets krav.
400	Produksjonsunderlag/ godkjent leveranse	Beskrivelse	Status som produksjonsunderlag forutsetter at objektene er kontrollert og godkjent for bygging. Eventuelle konflikter eller innspill til endring av design sendes til prosjekterende disipliner for gjennomgang. Ved utsjekk av alle tilbakemeldinger, er objektet klar for produksjon, MMI 400.
		Geometri	Alle objektene er modellert og detaljert med tanke på utførelse. Objektene er fremstilt, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.
		Informasjon	Modellinformasjon om prosjekt og geografisk plassering iht. prosjektets krav. Objektene er klassifisert etter objekttype iht. prosjektets krav. Alle nødvendige objekttegenskaper for produksjon er beskrevet, for eksempel iht objektkodeliste, prosess-/NS-.
500	Som bygget	Beskrivelse	Avhengig av krav til «som bygget»-dokumentasjon oppdateres modellene i henhold til denne statusen av de prosjekterende.
		Geometri	Alle objektene er modellert og detaljert i forhold til utførelse og krav for asbuilt informasjon i prosjektet. Objektene er fremstilt, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.
		Informasjon	Modellinformasjon om prosjekt og geografisk plassering iht. prosjektets krav. Objektene er klassifisert etter objekttype iht. prosjektets krav. Alle nødvendige objekttegenskaper for drift og vedlikehold er beskrevet.

Vedlegg 3: Intervjuguide

Intervjuet vil foregå semistrukturert. Dette vil si at det er mulig å ta avstikkere fra spørsmålene og drøfte andre temaer som ikke vil være i denne guiden. Den vil derfor kun bli brukt som en hjelpende hånd for å oppnå en rød tråd gjennom intervjuet, men dersom intervjuer føler spørsmålene er blitt besvart fra annen kontekst vil dette være godt nok.

Formålet er å innhente refleksjoner og erfaringer rundt opplevelser intervjuobjektet har hatt rundt det aktuelle prosjektet. Intervjuet vil bli tatt opp for å oppnå en enklere flyt og for at det er mulig å transkribere i ettertid, slik at det ikke blir oversatt noe underveis. Dette må godkjennes av deltakere før intervjuet begynner.

Intervjuguiden vil virke noe generell, men dette er for å få gjennom de samme temaene fra forskjellige synspunkt. Det vil ikke være forventet at alle de ulike deltakerne vil kunne noe om samtlige spørsmål.

Intervjuguide:

Introduksjon av intervjuer

- Hvem er jeg?
- Hva er oppgaven?
- Bakgrunnen til oppgaven
- Formålet med oppgaven
- Hva er egentlig MMI?
- Hensikten med intervjuet

Bakgrunnen til intervjuobjektet

- Hvilken stilling hadde du i prosjektet?
- Hvilke faser av prosjektet var du en del av?
- Hva slags erfaring har du fra tidligere?

Generelt om BIM og MMI

- Hvilke erfaringer har du med bruk av BIM i prosjekter?
- Hvordan har dere anvendt BIM i tidligere prosjekter?
- Hvilke erfaringer har du med bruk av MMI i prosjekter?
- Kan du se for deg noen fordeler og/eller ulemper implementeringen av MMI kan føre til?
- Burde det eventuelt bli lagt inn i prosjektets kontrakt at det skal benyttes MMI?

Generelt om prosjektet

- Hva gikk prosjektet ut på?
- Hva var utfordringene ved starten av prosjektet?
- Hva slags informasjon måtte innhentes ved oppstart?

- Har det vært noen større utfordringer ved prosjekteringen?
- Hvordan har dere gått frem for å finne ut avhengigheter på tvers av fagfelt?
- Hvordan har samarbeid og kommunikasjon på tvers av disipliner blitt opprettholdt?
- Har det vært noen utfordringer ved samarbeidet på tvers av fagfeltene?
- Hva slags dokumentasjon blir levert etter prosjektet er ferdig bygget?
- Hvordan var tidsrammen til prosjektet? Ble denne fulgt?
 - o Hva var i så fall problemene som gjorde at tidsrammen ble forskjøvet?

Teknisk om prosjektet

- Hva slags prosjekteringsverktøy har blitt benyttet i prosjektet?
- Hvor stor andel av prosjektet har blitt prosjektert ved BIM?
- Merker du forskjell på effektivitet og kontroll på de prosjektene som bruker BIM og de som ikke bruker det?
- Hva slags hjelpemidler har blitt benyttet for å kontrollere fremgang i prosjektet?
- Har det blitt benyttet noen faseplan gjennom prosjektet? Var det satt milepæler?
- Hvordan har fremgangen på modellen blitt kontrollert? Ulemper med valgt metode?
- Hvordan har ulike fag blitt organisert under prosjektet? Ulemper med valgt metode?
- Hvordan bli fagene oppdatert på fremgangen fra de andre fagene?

Kontakt med entreprenør

- Hva slags kommunikasjon har dere hatt med ulike aktører gjennom prosjektet?
- Hva slags leveranser har dere hatt til entreprenør?
- Hvor ofte ble disse levert?
- Hvor ofte måtte levert prosjektering revideres?
- Hvordan fungerte det ved rettelser i prosjekteringen ovenfor entreprenør?

MMI opp mot prosjektet

- Vet du om noen mulige måter å tillegge en modell MMI-nivåer?
- Hvem burde hatt ansvaret for å legge inn MMI-nivåer i modell?
- Hvordan mener du man burde utføre kontroll av modellen?
- Er det noen møter som kunne vært spart hvis man hadde implementert MMI i prosjektet?
- Ville, etter din vurdering, bruken av MMI hatt noen positiv eller negativ effekt på dette prosjektet?
 - o Kunne for eksempel fagfelt ha hatt bedre kontroll på hvor innsatsen deres burde bli lagt inn ved eventuelle forsinkelser?
 - o Hadde det vært mulig å spare tid/penger ved å planlegge prosjektet med MMI?
- Hvis du kunne delt opp prosjektet i mindre MMI-nivåer enn 100, 200, 300, 350, 400, 500. Hva skulle det inneholdt?

Oppsummering

- Eventuelle ting som har kommet opp
- Noe relevant du vil legge til?
- Har du noen spørsmål?



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway