

Marius Raunholm

Hvordan kan utvidet virkelighet (AR) benyttes i vegprosjekter?

Masteroppgave i veg og jernbane

Veileder: Kelly Pitera og Eilif Hjelseth

Mai 2019

Marius Raunholm

Hvordan kan utvidet virkelighet (AR) benyttes i vegprosjekter?

Masteroppgave i veg og jernbane
Veileder: Kelly Pitera og Eilif Hjelseth
Mai 2019

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

Forord

Denne masteroppgaven avslutter et 3 år langt erfaringsbasert masterprogram i veg og jernbane, ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Selve masteroppgaven ble gjennomført fra høsten 2018 til våren 2019 i samarbeid med Statens vegvesen og veilederne Kelly Pitera og Eilif Hjelseth ved NTNU.

AR (Utvidet virkelighet/Augmented reality) -teknologi i samferdselsprosjekter er en forholdsvis ny teknologi, som enda ikke er vesentlig benyttet til vegprosjekter. Byggebransjen er kommet lengre ved bruk av AR enn anleggsbransjen, og det er derfor ønskelig å se på mulighetene for å anvende AR i vegprosjekter, og da spesielt med fokus på reguleringsplan- og byggefasen i et vegprosjekt.

Oppgaven har som formål å se på hvilke utfordringer det er med bruk av AR i vegprosjekter i vegsektoren, og hvilke tiltak man må ha på plass for å best kunne nyttiggjøre seg av denne teknologien. Det er også ønskelig å se hva potensialet til utvidet virkelighet i vegprosjekter er.

Jeg vil benytte anledningen å takke alle som har bidratt, både med faglige diskusjoner, support under testing og lån av utstyr (Marcos Gonzalez hos Sitech). Jeg vil gi en ekstra takk til mine veiledere ved NTNU, Eilif Hjelseth og Kelly Pitera for mange gode tilbakemeldinger på problemstillinger og kommentarer underveis, det har hjulpet meg mye. Statens vegvesen skal også ha en takk, da de har lagt til rette for at jeg kunne jobbe med denne oppgaven i arbeidstiden.

Til sist vil jeg takke min samboer, Sandra Emilie Madsen og sønn Benjamin Madsen Raunholm, for god støtte, korrekturlesing og tid til å gjøre ferdig denne masteroppgaven.

Sammendrag

Bruk av 3D-modeller, fagmodeller og BIM i samferdselsbransjen har økt voldsomt de seneste år, og det er nå en selvfølge å benytte seg av disse planleggingsmetodene. Dette har medført en redusering av prosjekteringsfeil, endringsordre og planleggingstiden. Teknologeutviklingen går raskt, og den bygger på eksisterende teknologi som er bevist at fungerer. Det er her utvidet virkelighet (AR) for vegprosjekter har dukket opp, som er et biprodukt av BIM og 3D-modeller. Selv om AR har eksistert i noen år, så er det først de siste 2-3 årene det har blitt benyttet for samferdsel. Det finnes lite forskning på akkurat dette emnet, og det er en av årsakene for denne masteroppgaven, nemlig å undersøke hva potensialet til AR for vegprosjekter er. Det er tatt for seg regulering- og byggeplanfasen for et vegprosjekt, og sett på mulighetene i disse fasene.

Statens vegvesen har en virksomhetsstrategi som tilsier at man skal bruke BIM for å utvikle nye metoder og tekniske standarder. Man bør derfor se om bruk av utvidet virkelighet (AR) kan bidra til effektivisering og øke medvirkningen i planleggingen og bygging av vegprosjekter.

Det er benyttet en kvalitativ forskningsmetode i denne masteroppgaven, og det er utført tester av 2 ulike AR-verktøy, både for å generere innhold til intervju, men også for egen erfaring og utvikling. Intervjuet ble utført for å skaffe nok datagrunnlag for diskusjon.

Det er formulert tre forskningsspørsmål som skal besvare denne problemstillingen.

- Hvilket potensiale har AR, hva kan det tilføre vegprosjekter?
- Hvilke utfordringer er det ved bruk av utvidet virkelighet (AR)?
- Hvilke tiltak må på plass for å ha best nytte av AR?

Testresultatene i denne oppgaven har resultert i en konklusjon om at dagens AR-verktøy fungerer til dels, men det er store utfordringer med nøyaktighet og brukervennlighet på disse verktøyene. Resultat fra intervjuene viser at det er stort potensiale ved bruk av AR, der reguleringsplanfasen har stor mulighet for økt medvirkning, forståelse av prosjektet og en kostnadsreduksjon i planleggingen.

I byggefasen er det potensiale for å redusere byggefeil, oppdage kollisjoner mellom 3D-fagmodeller og den virkelige verden samt logistikk planlegging. Nøyaktighet og brukervennlighet er også en stor utfordring for AR-verktøy i denne fasen.

Tiltakene som må på plass for å ha best nytte av utvidet virkelighet i vegprosjekter er at verktøyene som skal brukes, må velges ut fra den nøyaktigheten og brukervennligheten man behøver. Til en reguleringsplanfase trenger man ikke like høy nøyaktighet, men brukervennligheten må være høy. For byggefasen er nøyaktighet et viktig premiss. Brukervennligheten behøver nødvendigvis ikke være så høy, da det er teknisk kompetente fagpersoner i denne fasen.

Summery

The use of 3D-models, discipline models and BIM in the transport industry has increased considerably in the recent year, and is now the industry standard in the planning of roads. This has resulted in a reduction of design error, the change orders and planning time. The technology development is a quick tempo industry, and it builds on existing technology that has proven to be successful. This is where augmented reality (AR) in road planning has appeared. Even thou AR has been around for a while, it is only in the last couple of year AR has been used for road projects. There is very little research on this specific topic, which is one of the reasons for this master thesis, to examine what the potential for AR in the transport industry is. The regulation- and building phase are used as the basis for this thesis.

The Norwegian public roads administration has a business strategy that states that we "shall use BIM to develop new methods and technical standards", and therefore we should see if augmented reality (AR) can help to streamline and increase the complicity in the regulation and building phase in the transport industry.

For this master thesis, a qualitative research method was used. Two tests of different AR-tools was also completed, to generate content for the interview, but also for my own experience and learning. Interview was the method to get the data basis that the discussion required.

There are three research questions to answer this issue.

- What potential does augmented reality (AR) have, what can AR add to road projects?
- What challenges does augmented reality have?
- What measures are needed to have the best use of augmented reality?

The test results in this thesis as resulted in a conclusion that the AR-tools that exist today, for road projects, only work partially. There are significant challenges regarding the accuracy and user-friendliness of these tools. The result from the interviews says that is a big potential in the use of AR. The regulation planning has potential in the increase of complicity, understanding of the project and to reduce costs in the planning phase. While the building phase has the potential to reduce building errors, discover possible collisions between the discipline models and the real world, and logistics planning. Accuracy and user-friendliness is also a big challenge in this phase.

The measures that are needed to make the best use of augmented reality in road projects are to make sure that the tools that are used, have the accuracy and user-friendliness that are required. For the regulation phase, you don't need the same accuracy as the building phase, but the user-friendliness has to be high. And in the building phase, the user-friendliness doesn't have to be that high, since there is a lot of technical competent people involved.

Innholdsfortegnelse

FORORD	1
SAMMENDRAG	3
SUMMERY	4
INNHALDSFORTEGNELSE	5
FIGURER	7
TERMINOLOGI	8
1. INNLEDNING	9
1.1. BAKGRUNN	9
1.2. BIM	9
1.3. FAGMODELL.....	9
1.4. AR.....	10
1.5. PROBLEMSTILLING	11
1.6. FORMÅL MED OPPGAVEN	11
1.7. OPPGAVESTRUKTUR	12
1.8. AVGRENSNINGER I OPPGAVEN.....	12
2. TEORI	13
2.1. FASENE I ET SAMFERDSELSPROSJEKT	13
2.2. AR OG VR I SAMFERDSEL	15
2.3. OVERSIKT OVER AR-SYSTEMER.....	19
2.4. OVERSIKT OVER ANDRE RELEVANTE TEKNOLOGIER	21
2.5. BRUK AV AR I SAMFERDSELSBRANSJEN INTERNASJONALT	23
3. METODE	24
3.1. KVALITATIV METODE	24
3.2. PÅLITELIGHET OG GYLDIGHET	24
3.3. KRITISK VURDERING AV OPPGAVEN	25
3.4. LITTERATURSØK.....	25
3.5. INNHENTING AV INFORMASJON.....	25
3.6. KILDEKRITIKK.....	25
3.7. FORSKNINGSINTERVJU	26
3.7.1. <i>Semistrukturert intervju</i>	26
3.7.2. <i>Valg av intervjuobjekter</i>	26
3.7.3. <i>Utarbeidelse av intervjuguiden</i>	26
3.7.4. <i>Gjennomføring av intervjuprosessen</i>	27
3.7.5. <i>Feilkilder ved semistrukturerte intervjuer</i>	27
3.8. ETIKK I FORSKNINGEN	27
4. GJENNOMFØRING AV DATAINNSAMLING	28
4.1. INNLEDNING.....	28
4.2. FORMÅL MED TESTINGEN	28
4.3. FORARBEID OG FORBEREDELSE	29
4.4. PROSJEKTENE	30
4.4.1. <i>Ny fastlandsforbindelse fra Færder</i>	30
4.4.2. <i>Fv311. Presterødbakken</i>	31
4.5. AR-VERKTØYENE.....	32
4.5.1. <i>AR-verktøyet Viasys VDC Live</i>	32
4.5.2. <i>AR-verktøyet Trimble Sitevision</i>	32

4.6.	TEST-PERIODEN AV AR-VERKTØY	34
4.7.	RESULTATER AV TEST-PERIODEN	38
4.8.	KONKLUSJON	43
5.	RESULTATER.....	44
5.1.	RAMMESETTING OG BAKGRUNNSSTOFF	44
5.1.1.	<i>Kjennskap til BIM og fagmodeller</i>	<i>44</i>
5.1.2.	<i>Kjennskap til AR.....</i>	<i>45</i>
5.1.3.	<i>Kjennskap til VR.....</i>	<i>45</i>
5.1.4.	<i>Kjennskap til reguleringsplanlegging</i>	<i>45</i>
5.1.5.	<i>Kjennskap til byggefasen</i>	<i>45</i>
5.2.	AR I REGULERINGSPLANFASEN	46
5.2.1.	<i>Potensiale ved AR.....</i>	<i>46</i>
5.2.2.	<i>Utfordringer ved AR.....</i>	<i>47</i>
5.3.	AR I BYGGEFASEN	48
5.3.1.	<i>Potensiale ved AR.....</i>	<i>48</i>
5.3.2.	<i>Utfordringer ved AR.....</i>	<i>48</i>
6.	DISKUSJON	49
6.1.	AR I REGULERINGSPLANFASEN	49
6.1.1.	<i>Potensiale ved AR.....</i>	<i>49</i>
6.1.2.	<i>Utfordringer ved AR.....</i>	<i>51</i>
6.2.	AR I BYGGEFASEN	52
6.2.1.	<i>Potensiale ved AR.....</i>	<i>52</i>
6.2.2.	<i>Utfordringer ved AR.....</i>	<i>53</i>
6.3.	HVILKE TILTAK MÅ PÅ PLESS FOR Å HA BEST NYTTE AV AR?	53
6.4.	OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	54
7.	REFERANSER	55
8.	VEDLEGG	59

Figurer

Figur 1 viser de ulike fasene i et vegprosjekt (Kilde: (vegvesen, 2014))	13
Figur 2: Viser grad av påvirkning man har på planleggingen i de ulike planfasene. (Kilde: (Statens vegvesen, 2018))	14
Figur 3: Forskjell mellom VR og AR: (Kilde: (Glad og Svaland, 2019)).....	15
Figur 4 viser kostnader og tid i planleggingsprosess (Kilde: (Godager, 2019)).....	17
Figur 5: Ulike systemer å bruke AR på (Kilde:(Microsoft, 2019; Kogan, 2019; Google, 2017; Seoulspace, 2016; Reza og Carpenter, 2018; wikiwand, 2012)).....	20
Figur 6 viser en oversikt over Digital24's 16 teknologier de mener vil spille en ekstra stor rolle fremover (Kilde: (DigitalNorway, 2018))	21
Figur 7 viser en oversikt over bruksområder med betydning for Norge, og hvilke teknologier de mener er nødvendig (Kilde: DigitalNorway, 2018).....	22
Figur 8 viser en oversikt over hvor langt de ulike land er kommet med tanke på BIM (Kilde: (Shimonti, 2018))	23
Figur 9 viser redusering av polygoner (Kilde: (Dwarf design, 2017))	29
Figur 10: viser prosjektområdet (kilde: (vegvesen, 2019a))	30
Figur 11 viser Fv. 311 Presterødbakken (Kilde: (vegvesen, 2019b)).....	31
Figur 12 viser VDC Live (Kilde: (partner, 2016)).....	32
Figur 13: viser "drifting" av 3D-modell problemer med Trimble Sitevision (Kilde: (Sitech, 2019))	34
Figur 14 viser lokasjonene som ble brukt under testing (Kilde: (vegvesen, 2019a))	35
Figur 15 viser et skjermdump fra AR-systemet Sitevision ute på byggeplass (Kilde: (Raunholm, 2019a))	36
Figur 16 viser Fv311. Presterødbakken prosjektet (Kilde: (vegvesen, 2019b))	37
Figur 17 viser lokasjon 1 med og uten AR (Kilde: (Raunholm, 2019b)).....	38
Figur 18 viser lokasjon 2 med og uten AR (Kilde: (Raunholm, 2019c))	39
Figur 19 viser lokasjon 3 med og uten AR. (Kilde: (Raunholm, 2019d)).....	40
Figur 20 viser 3D-fagmodell veg med grøft og en bygd VA-kum (Kilde: (Raunholm, 2019e)).....	41
Figur 21 viser 3D-fagmodell VA og en bygd VA-kum (Kilde: (Raunholm, 2019e))	42
Figur 22 viser en 3D-fagmodell VA og en VA-kum som er bygd (Kilde: (Raunholm, 2019e)).....	42
Figur 23: utfordringer med å få AR-systemet til å forstå den virkelige verden mot den virtuelle. (Kilde: (Behzadan, Dong og Kamat, 2015))	47
Figur 24 viser til venstre AR-modell og høyre et fotomanipulert bilde (Kilde: Raunholm, 2019)	47

Terminologi

VR	Virtuell virkelighet / Virtual reality. Her bytter man ut virkeligheten og trer inn i en kunstig virkelighet, adskilt fra den virkelige verden.
AR	Kunstig virkelighet / Artificial / Augmented reality. Her tar man den kunstige virkeligheten, inn i den ekte verden.
AV	Kunstig virtualitet/ Augmented virtuality. Ofte beskrevet som det inverse av AR, at man tar det ekte inn i en kunstig verden.
BIM	Bygnings informasjons modell
DAK	Data assistert konstruksjon, det er konstruksjon og teknisk tegning som utføres ved hjelp av dataprogrammer og redskaper
GPS	Global Posisjonerings System, USA sitt satelittnavigasjonssystemet
CPOS	Er en posisjonstjeneste der du kan bestemme posisjon din med cm nøyaktighet, dette er en abonnement-service
GNSS	Global Navigation Satellite Service, samlebetegnelse for alle satelittnavigasjonssystemer.
Objekt	I oppgaven så snakkes det om objekter og 3D-objekter, det er en fysisk ting som er prosjektert. For eksempel et rør eller en lysmast. En digital modell av et fysisk objekt.
Fagmodell	Fagmodeller er 3D-objekter som hører til samme fagdisiplin samlet i en modell.

1. Innledning

I dette kapitlet vil det bli gitt en del bakgrunnsinformasjon og deretter vil problemstillingen for oppgaven bli presentert. Noen hovedbegrep vil bli forklart mer detaljert, da disse begrepene spiller en viktig rolle i resten av oppgaven.

Til slutt kommer strukturen av resten av oppgaven, samt en forklaring på hva som er gjort av avgrensninger i oppgaven.

1.1. Bakgrunn

Prosjektering av veger er noe som tidligere ble gjort på papir og folie, med tusj, penn og kurveradius-linjaler. Dette var noe som krevde enorme ressurser for å få ned på papir. Disse håndtegnede planene ble erstattet av DAK (Data assistert konstruksjon) på 1980 tallet, da tegningene ble digitale.

Da man fikk alt av tegningsproduksjon over på datamaskin (DAK), kunne man frigjøre enorme ressurser i tegningsproduksjonen. Utviklingen som fulgte gjorde det mulig å planlegge og prosjektere DAK i 3D.

Når det var mulig å prosjektere i 3D, ble det også mulig å lage det som kalles 3D-fagmodeller, som er en 3D-modell som inneholder alt av objekter for ett enkelt fag. Når man samler flere 3D-fagmodeller og 3D-modeller av eksisterende terreng, har man det som er beskrevet i Statens vegvesen, «Håndbok V770 – Modellgrunnlag» en samordningsmodell eller tverrfaglig modell (Vegvesen, 2015b).

Den tverrfaglige modellen er en 3D-modell som viser eksisterende situasjoner sammen med det planlagte tiltaket, altså hvordan det skal se ut når prosjektet er ferdig bygd.

1.2. BIM

BIM står for «Bygningsinformasjonsmodell», og innenfor veg-prosjektering handler BIM ofte om selve datamodellen og arbeidsmetodikken man bruker. Det er delte meninger om hvordan man definerer BIM innenfor vegsektoren. I dette tilfellet bruker jeg ordet BIM om datamodellen, og dens 3D-fagmodeller.

BIM-modellen kan beskrives som en tverrfaglig modell med informasjon, og de begrepene brukes ofte om hverandre.

1.3. Fagmodell

I Håndbok V770 – Modellgrunnlag er det en rekke krav til modeller og den definerer en fagmodell slik:

«Fagmodeller prosjekteres av de ulike fagmiljøene og viser planlagte inngrep i prosjektområdet. Fagmodellene skal inneholde nye objekter eller endrede objekter fra grunnlagsmodeller, samt informasjon knyttet til objektene. Fagmodellene som inngår i prosjektet, utgjør til sammen en beskrivelse av endringer i forhold til dagens situasjon, en «planmodell». Planmodellen skal ikke leveres som eget produkt, men skal kunne vises isolert i tverrfaglig modell. En fagmodell skal inneholde objekter som beskriver planlagt situasjon for ett fag, for eksempel veg eller tunnel.» (vegvesen, 2015a, s. 89)

Når fagmodeller produseres i 3D, og man legger informasjon på objektene, prosjekterer man i praksis i BIM.

1.4. AR

AR er en forkortelse for «utvidet virkelighet/Augmented reality», og er hovedtema for denne oppgaven. AR er når man kombinerer data fra den virtuelle verden med den fysiske, ved for eksempel bruk av lyd eller bilde. Man får da et ekstra lag med informasjon oppå virkeligheten.

AR sin opprinnelse kommer fra Forsvaret i USA på tidlig 1990 tallet, og bruk av AR spredde seg til spill og TV-industrien like etterpå. I den senere tid har det spredt seg til veldig mange ulike yrker, men er ofte å se i TV-industrien, der grafikk ofte er lagt på som et ekstra lag i virkeligheten, som for eksempel ved værmeldingen og ulike nyhetssendinger.

AR for samferdsel baserer seg ofte på 3D-fagmodeller, der man henter ut fagmodellene fra en tverrfaglig modell, for å kunne bruke i ulike AR-verktøy.

I samferdselsprosjekter er AR i prinsippet et biprodukt av BIM, der man bruker 3D-fagmodellene som produseres, og setter de inn i et AR-verktøy. Deretter brukes virkelige verden kombinert med det kunstige, i dette tilfellet 3D-fagmodellene.

1.5. Problemstilling

Ingeniører har ofte en tankemåte hvor de leter etter metoder og utføre en oppgave på, på enklest mulig vis. Ofte er dette kreative løsninger (Madhavan, 2015), samtidig som det tas hensyn til den opprinnelige oppgaven. Når man jobber mye med 3D-visualiseringer og plan & bygningsloven, samt ofte er involvert i medvirkningsprosesser til store og små offentlige vegprosjekter, innser man at formidling av informasjon er et viktig tema. Man ønsker å kommunisere tiltaket som skal bygges, på en enkel, lettfattelig og korrekt måte. Dette for at beboere som skal leve ved siden av vegtiltaket, politikere som skal vedta samt å velge mellom ulike alternativer og de involverte i planleggingen, har en felles forståelse for hva som skal bygges. Det er ofte slik at de som skal vedta eller godkjenne samferdselsprosjekter er vanlige folk, og ikke fagfolk, og det er dermed behov å illustrere tiltaket på en god måte.

De fleste vegprosjekter som reguleres etter plan og bygningsloven inneholder en eller annen form for 3D-modell, ofte kalt presentasjonsmodell, og er egentlig en tverrfaglig modell som har blitt pusset på for å kunne bli presentert. Denne modellen lages det illustrasjoner og videoer fra, og disse blir ofte vist frem på informasjonsmøter/medvirkningsmøter med befolkningen. Teknologien har medført at det også ofte lages VR-modeller av denne presentasjonsmodellen, og det gir et helt annet perspektiv ved å kunne gå «inn» i modellen og se vegtiltaket med VR-briller.

Nå har teknologien kommet litt lengre enn kun VR, og det er innført begrep som AR. Denne teknologien er større utbredt i byggebransjen enn i anleggsbransjen. Det er derfor ønskelig å se på muligheten AR kan ha for vegprosjekter, i regulering- og byggefasen.

Intervjuene har sammen med testing av AR-verktøy til hensikt å samle inn empirisk data. Dette sammen med litteraturstudiet skal danne grunnlag for å besvare problemstillingen.

Problemstillingen:

Hvordan kan utvidet virkelighet (AR) benyttes i vegprosjekter i dag?

For å besvare disse forskningsspørsmålene:

- Hvilke utfordringer er det med bruk av Utvidet virkelighet (AR)?
- Hvilke tiltak må på plass for å ha best nytte av AR?
- Hvilket potensiale har AR, hva kan det tilføre vegprosjekter?

1.6. Formål med oppgaven

Oppgaven har som formål å undersøke om det finnes gode AR-verktøy, som kan benyttes for bruk i vegprosjekter. Både for prosjekter som er under planlegging, men også for byggefasen. Prosjekter som er under planlegging har ofte andre behov enn prosjekter under bygging med tanke på nøyaktighet og brukervennlighet. Oppgaven skal også identifisere tiltak som må være på plass for å ha best nytte av AR. Utfordringene ved bruk av AR i både planleggingsfasen og byggefasen skal også belyses.

1.7. Oppgavestruktur

Kapittel 1 handler om bakgrunnen for valg av problemstilling og litt historie for å sette seg inn i hva AR er og hvor denne teknologien hører hjemme blant all teknologien som blir brukt i vegprosjekter.

Kapittel 2 er et kapittel om teorien for denne oppgaven, der det blir forklart litt hvordan planfasene i et vegprosjekt er, hva AR er og bruk av AR i ulike bransjer.

Kapittel 3 er et kapittel om metoden jeg har valgt for å besvare forskningsspørsmålene, der vil jeg gå inn på valg av metode, forklaring på hva kvalitativ metode er, litt om pålitelighet og gyldighet til en slik metode. Videre i kapitlet er det underkapittel om forberedelser til intervjuene som ble utført, hvordan det ble utført, hva slags data som ble innsamlet, og en analyse og resultat av intervjuene. Kapitlet avsluttes med en beskrivelse av hvordan litteratursøket har foregått.

Kapittel 4 omhandler gjennomføringen av datainnsamlingen, der testingen av de ulike AR-verktøyene blir gått gjennom. Det blir forklart hvordan det ble utført, og hva som ble resultatene av denne testingen, samt en konklusjon av testperioden og verktøyene.

Kapittel 5 tar for seg resultatene fra intervjuene. Materialet blir forklart og tolket, samt vurdert ut ifra metoden som er valgt.

Kapittel 6 handler om diskusjon av resultatene fra kapittel 5, og her sammenlignes resultatet med studier utført andre steder og opp mot teorien og litteraturen. Oppgavens svake og sterke sider blir gjennomgått her, og anbefalinger og videre forskning kommer frem.

Det 7 kapitlet er oppsummering og konklusjon for denne oppgaven.

1.8. Avgrensninger i oppgaven

For å begrense omfanget av oppgaven var jeg nødt til å avgrense tema og problemstilling. I første omgang var jeg innstilt på å skrive om både AR og VR, i både reguleringsplanfasen og byggefasen, men innså at omfanget ville være alt for stort, med tanke på tiden jeg hadde tilgjengelig. Jeg valgte derfor å ikke fokusere på VR, og heller konsentrere meg om AR i regulering og byggefasen.

Flere avgrensninger jeg gjorde underveis i oppgaven var blant annet å redusere antall prosjekt jeg skulle utføre test av AR-verktøy på. Der jeg opprinnelig hadde planlagt å bruke AR-verktøyene på 4 prosjekter i området, reduserte jeg til 2. En av hovedgrunnene til dette var tid, men også tilgjengelighet på AR-utstyret. Det måtte lånes av en utstysleverandør, og bestilles tid for utlån. Det måtte klaffe med produsentens mulighet å låne ut utstyr, min egen tid med tanke på andre oppgaver i jobben, og hvor langt prosjektene var kommet i planleggingen/bygging samt årstiden.

Det var planlagt at intervjukandidatene skulle være med ut i felt, og dermed få oppleve AR-verktøyet direkte, men av årsaker nevnt over var ikke dette mulig. Det ble da en avgrensning av intervjuene, og jeg var nødt å utføre testingen selv, og produsere resultater som jeg da kunne brukes under intervjuene. På den måten fikk kandidatene et så bra inntrykk av AR-verktøyene som mulig.

2. Teori

I dette kapitlet vil det bli gjennomgått de ulike planfasene i et samferdselsprosjekt, og jeg vil presentere teorien som behøves for å få en forståelse av hva AR er, hvordan bruken er i dag, og hvor AR befinner seg i utviklingen, både nasjonalt og internasjonalt. Beslektet tema som VR (Virtual reality) og BIM vil også bli omtalt her, for å kunne se hvilken sammenheng som er mellom VR, BIM og AR.

2.1. Fasene i et samferdselsprosjekt

Reguleringsplanfasen er en planfase der medvirkning har et stort fokus, og det er i denne fasen man har detaljer nok til å kunne si relativt nøyaktig hvordan et vegtiltak vil se ut. Byggefasen er fasen som handler om gjennomføring av veganlegget, hvor alle detaljer skal være på plass. Disse to fasene er fokusområdene for oppgaven.

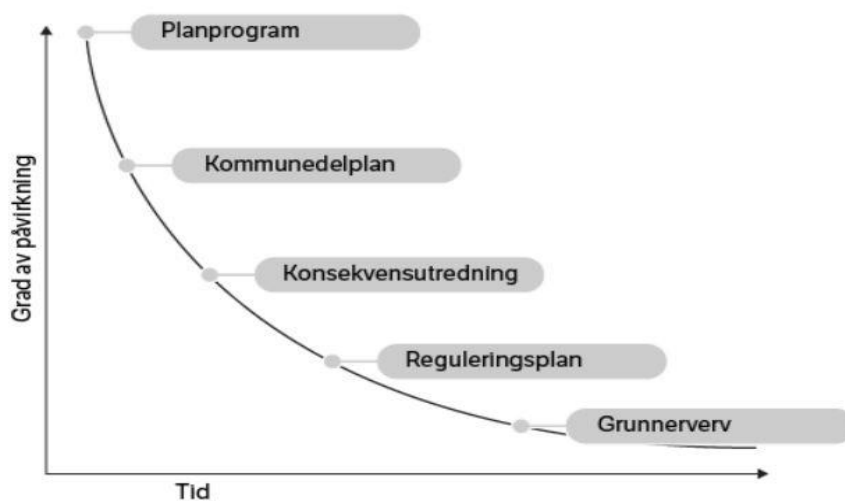
I Figur 1 vises alle planfasene i et vegprosjekt, og Figur 2 viser når man har størst grad av påvirkning av prosjektet, både som politiker og vanlig innbygger. Dette er viktig å vite for å kunne komme med synspunkter, meninger og informasjon til riktig tid, slik at det er mulig for prosjektet og vurdere disse.



Figur 1 viser de ulike fasene i et vegprosjekt (Kilde: (vegvesen, 2014))

- **Konseptvalgutredning:**
 - Det er en utredning i tidlig fase som analyserer transport og samfunnsbehov, samt andre prinsipielle måter å løse disse behovene på.
- **Kommunedelplan:**
 - Større vegprosjekter må ofte behandles igjennom en kommunedelplan
 - Det er ofte statens vegvesen som utfører planleggingen av kommunedelplaner for veger, mens kommunene vedtar planen.
 - Det kan komme innspill på valg av trase, utformingen av veganlegget, bruk av arealer, standard og en del andre tema.
 - Konsekvensutredning (KU):
 - Denne fasen stiller krav til hva som skal utredes på senere planfaser
 - Tas ofte i sammenheng med kommunedelplan eller reguleringsplanen
 - Inneholder omtaler av konsekvenser for miljø og samfunn.
- **Reguleringsplan:**
 - Dette er fasen i et prosjekt der detaljene om plassering og utforming av et veganlegg blir bestemt, og det skjer gjennom en regulering av arealene i henhold til plan og bygningsloven (vegvesen, 2018).
 - Det siste steget i planleggingen som inneholder medvirkning.
 - Her har ofte Statens vegvesen folkemøter (møter som informerer og innbyder til innspill og samspill med befolkningen angående det aktuelle vegtiltaket)

- Det ønskes innspill på alt som har betydning for utformingen, samt det som kommer i konflikt med veganlegget, for eksempel brønner, jordvarmeanlegg og liknende.
- Grunnerverv:
 - Man må ha en godkjent reguleringsplan for å kunne gjennomføre grunnerverv, så denne kommer etter en vedtatt reguleringsplan.
 - Denne fasen er nødvendig for å sikre seg areal for det man har regulert.
 - Her er det ikke medvirkning til utforming, men forhandling med Statens vegvesen om kjøp av grunn.
- Prosjektere:
 - I denne fasen prosjekteres anlegget og man lager arbeidstegninger, man utarbeider også et konkurransegrunnlag som ligger til grunn ved valg av entreprenør når prosjektet skal bygges. Dette kan gjøres på ulike måter avhengig av kontraktsform.
- **Byggefasen:**
 - Det er i denne fasen det fysiske arbeidet blir utført, her blir prosjektet bygd.
 - Det er veldig ofte ikke noe medvirkning fra politikere eller befolkningen i denne fasen.
 - Det kan være medvirkning i form av valg av støyskjerming, materialvalg og liknende, men det er ofte overflatearbeid.
 - I denne fasen er alt av grunnerverv gjennomført og man har en reguleringsplan godkjent.
 - Det er ofte i denne fasen man virkelig kan høste gevinst av en god BIM bruk fra de tidligere fasene.
- Drift og vedlikehold:
 - Dette er fasene etter anlegget er ferdig bygd
 - Disse fasene innebærer at man tar vare på det som er bygd, og sørger for at vegen er så bra som mulig til enhver tid. For eksempel snørydding, reasfaltering, oppmerking etc.

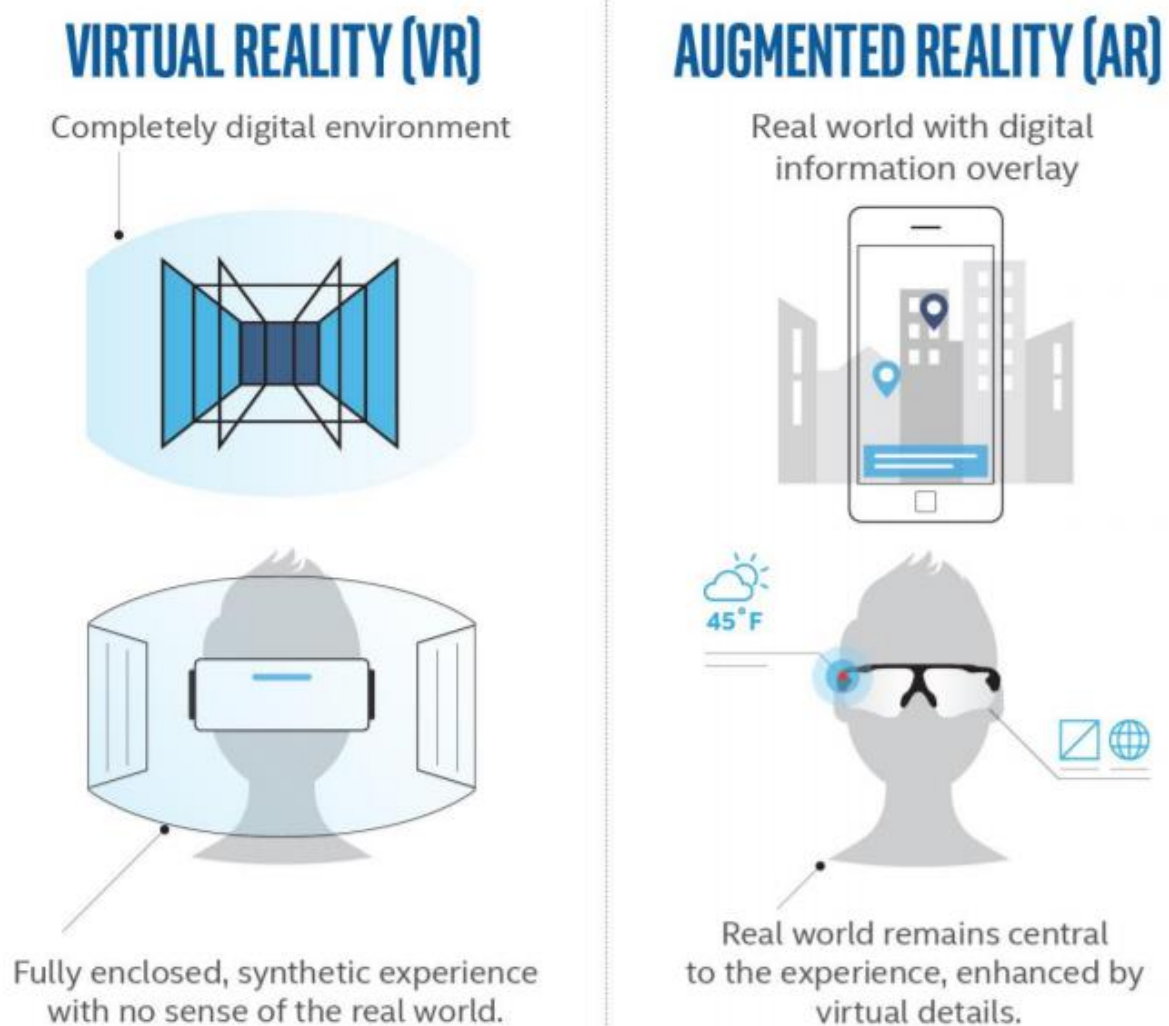


Figur 2: Viser grad av påvirkning man har på planleggingen i de ulike planfasene. (Kilde: (Statens vegvesen, 2018))

2.2. AR og VR i samferdsel

VR står for Virtual reality og betyr virtuell virkelighet. Det er litt ulikt fra AR ved at man trer helt inn i den virtuelle verden, enten med heldekkende briller, eller en slags skjerm og ikke tar den virtuelle virkeligheten inn i den virkelige verden, slik som AR. VR gjør at man i reguleringsplanfasen har enda flere muligheter til å skape medvirkning.

AR står for Augmented reality, og det oversettes ofte til utvidet virkelighet, og betyr i prinsippet at man bruker en form for skjerm, enten en brille eller mobiltelefon med kamera, og viser det kunstige sammen med virkeligheten (Figur 3).



Figur 3: Forskjell mellom VR og AR: (Kilde: (Glad og Svaland, 2019))

I følge en rapport utgitt av McKinsey & Company (McKinsey&Company, 2016) kan mer bruk av BIM utgjøre 15-25% besparelse på det globale infrastrukturmarkedet. Dette stemmer jo delvis med det man tidligere viste om at BIM vil ha en innsparing og effektivisering (Thorsen og Tøndel, 2013).

I konsulentfirmaet Cowi har de sett på dette med bruk av VR og AR i samferdselsprosjekter. Der har de studier som pågår for å se om det er potensielle gevinster for kundene. Cowi mener at man mest sannsynlig kan se ytterligere

besparelser ved bruk av VR, og man kan også anta at AR kan bidra på samme måte, da AR og VR er ganske beslektet (Emborg og Sekse, 2018).

For å kunne ta i bruk et AR-verktøy beregnet til vegprosjekter er man avhengig av å ha en 3D-modell. I samferdselsbransjen prosjekteres fagmodeller i 3D og det settes informasjon på disse, da har man en BIM-modell. For å nytte seg av et AR-verktøy kan man bare hente ut en 3D-fagmodeller fra en BIM-modell, og legge det inn i valgt AR-system for å se dette.

Det er ulike programvarer som produserer 3D-fagmodeller og det kan kreve konverteringer og tilpasninger for å få det kompatibelt med et AR-system. Det er derfor det er viktig med gode rutiner for denne overføringen av data.

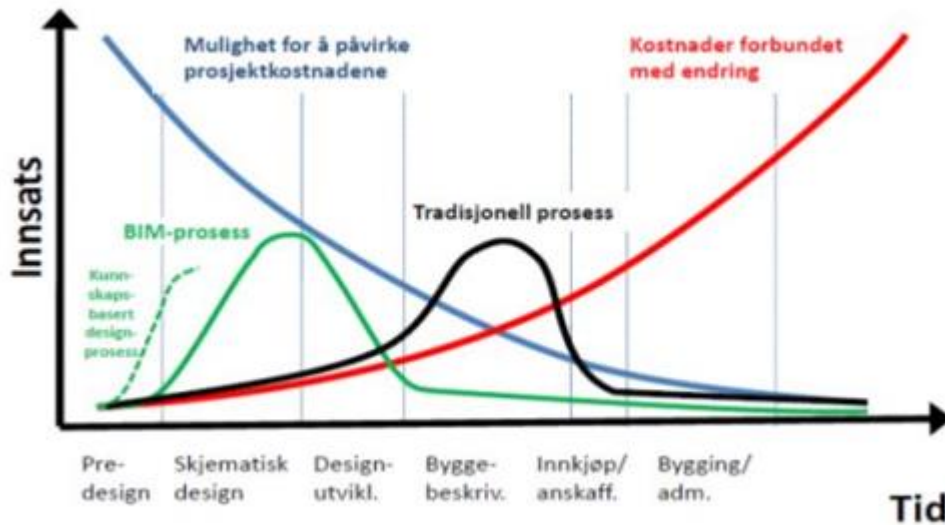
Noe de har sett på i et forskningsprosjekt i Danmark fremhever nettopp dette med «workflow» altså arbeidsmetodikk, som en av elementene som kan effektiviseres. Med «workflow» menes det hvordan 3D-modellene prosjekteres, konverteres, koordinatsystemer, materialer i modellene og hva som skal være med i modellen. Dette er veldig ulikt fra firma til firma og de ulike AR-verktøy. Dette var noe de fremhevet som en effektiviseringsgevinst (Kjems og Hedegaard, 2017).

AR-teknologi er noe relativt nytt innenfor samferdselsbransjen, det finnes ikke veldig mye forskning ved bruk av AR innenfor samferdsel, men man kan bruke mye fra andre fagfelt. Byggebransjen er kommet et stykke lengre enn anleggsbransjen, og det samme har helsesektoren innen AR/VR. Der de blant annet ser røntgen og CT-bilder på pasienter, direkte på kroppen (Willis, 2018), mens man i industribransjen for eksempel kan få opp på brillene hvordan man monterer noe på et samlebånd eller reparerer noe i verdensrommet. (Regenbrecht, Baratoff og Wilke, 2005).

Det finnes mange typer AR systemer, men en fellesnevner for de er at nøyaktigheten ikke er god nok for samferdselsprosjekter, der objekter er prosjektert nøyaktig og objektene kan være ganske store (>100meter), og det baserer seg på koordinater. Det kan være godt nok der man skal illustrere noe med en stor usikkerhet, men om en kontrollingeniør skal bruke AR-systemet ute på anlegg, for å kontrollere/orientere seg, eller skal vise et vegtiltak for befolkningen må nøyaktigheten være på centimeters-nivå. Man kan ellers risikere å misvise tiltaket.

I byggefasen i et vegprosjekt kan man ved økt bruk av 3D-fagmodeller i et AR-system kunne oppdage konflikter, både mellom fagmodellene og mellom fagmodellene og virkeligheten, siden man kan gå ut i felt å «fysisk» se kollisjoner og feil, som igjen sparer samfunnet for store kostnader (Thorsen og Tøndel, 2013). Det øker også forståelsen for det som er prosjektert, og man vil kunne bruke 3D-fagmodellene ute i felt til kontrollering av det som bygges i byggefasen.

I planleggingsfasene er det enklere å påvirke prosjektet, både med tanke på løsninger, men også redusere feil. Endringskostnader i et vegprosjekt øker betraktelig jo lengre ut i prosessen man kommer (Figur 4). Derfor er bruk av BIM og AR en måte å avdekke kollisjoner, avvik og mulige endringer før man kommer til bygging.



Figur: Bjørn Godager, HiG

Figur 4 viser kostnader og tid i planleggingsprosess (Kilde: (Godager, 2019))

I Statens vegvesen er det vedtatt i virksomhetsstrategien (Statens vegvesen, 2017) å bruke BIM med åpne standarder i planlegging, prosjektering, bygging og forvaltning av veger. Det er en av årsakene til valg av tema til denne oppgaven, at det er noe veldig relevant for Statens vegvesen, og meg selv.

Bevilgningene til veiprosjekter har økt, fra 45 milliarder i 2002-2011 til 143 milliarder i 2018-2029 (NTP, 2002), som gjør at det pågår veldig mange planlegging og prosjekterings-prosesser rundt omkring i Norge. Bruk av BIM er påvist (Thorsen og Tøndel, 2013) å ha en innsparing og reduisering av kostnader og konflikter under bygging og i medvirkningsfasene. Flere fordeler med BIM er at det gir en økt forståelse av hva som skal bygges (Kim, 2012), for alle involverte i prosjektet, fra tidlig planlegging til bygging.

Når det er påvist at BIM effektiviserer og reduserer kostnader, og man har en virksomhetsstrategi som tilsier at man skal bruke BIM til å utvikle nye metoder og tekniske standarder, bør man se på bruk av AR i vegprosjekter. Figur 4 viser at man har størst mulighet til å endre noe i starten av et prosjekt, og det er der kostnaden er lavest. Derfor bør enhver teknologi som kan effektivisere planleggingen og byggingen ses på.

All planlegging man gjør, gjør man på bakgrunn av plan og bygningsloven, og den sier at man har en plikt i planfasene, der man skal illustrere tiltaket, «*Det skal legges til rette for bruk av elektroniske medier i planleggingen. Planarbeidet og de endelige planene bør tilpasses behandling og **presentasjon i digitalt format og brukergrensesnitt.** Bruken av elektroniske medier til slike formål er raskt økende. Dette åpner nye muligheter for informasjon og utveksling av synspunkter i plansaker, ikke minst i distriktene med store avstander til kommunesenteret.*

Det innføres en plikt til å legge til rette for å benytte slike medier både til presentasjon av planforslag mv. og for innhenting av synspunkter, i alle faser av planprosessen. Dette vil gjelde fra det første varsel om at planarbeid starter, til offentliggjøring av endelig planvedtak.» (Kommunal_og_moderniseringsdepartementet, 2009)

Dette taler også for mer bruk av BIM, og andre nye teknologiske virkemidler, som for eksempel AR. I følge (Behzadi, 2016) har AR-teknologien hatt en positiv effekt på

hvordan visualiseringen av prosjekter i forskjellige faser blir fremstilt. Selv om denne positive effekten gjelder for bygg- og industribransjen, så er det mange likheter mot samferdselsbransjen, og beslutningstakere er ofte de samme i de forskjellige bransjene, da kommunene er de som vedtar planene. Man kan derfor anta at det kan ha en lignende effekt for samferdsel, som det er for bygg- og industribransjen.

2.3. Oversikt over AR-systemer

Det som finnes i dag av AR-systemer for vanlige forbrukere baserer seg ofte på en mobiltelefon, nettbrett eller noen form for briller. AR-systemer på mobil og nettbrett viser det som er prosjektert/modellert på skjermen mens kameraet er på, da får man vist det prosjekterte/modellert i virkeligheten. Men det finnes en rekke andre AR-systemer, som har en litt annen målgruppe enn vanlige forbrukere, per dags dato.

Man kan dele de ulike AR-systemene som finnes på markedet inn slik, se Figur 5 for bilder av de ulike AR-verktøyene:

Den vanligste er AR i en håndholdt mobiltelefon, og det er denne som er mest utbredt. Da brukes mobiltelefonens GPS og andre kalkuleringsensorer for å vise utvidet virkelighet gjennom kameraet på mobilen, og du ser alt på skjermen. Dette inkluderer også iPad og de andre nettbrettene.

HMD står for «head mounted display», og er et display som er montert på hodet, ofte i en eller annen form for briller, slik som Microsoft HoloLens og Google Glass. Dette er en teknologi sammen med mobiltelefon som er utviklet nok til at det kan brukes i vegplanleggingen. HMD har ofte massevis av sensorer, og kan skanne et rom med hjelp av laser, og så produseres det en 3D-modell av rommet. Deretter kan objekter forholde seg til denne 3D-modellen, og nøyaktig posisjonere seg derifra. Den ledende produsenten er Microsoft med sin HoloLens, som har utviklet et produkt som er prøvd ut både i samferdsel og byggebransjen. Bane Nor (Samferdselinfra.no, 2018) ser en stor gevinst ved å utnytte AR/VR.

HUD betyr «Heads up display» og er noe som er brukt i lang tid, særlig innenfor luftfart, der piloter får informasjon opp på ruta eller på brilleglassene.

«Spatial augmented» reality (SAR) er en type utvidet virkelighet som går ut på å bruke prosjektorer for å vise en virtuell virkelighet på virkelige objekter, slik som figur 5, nederst til høyre, det viser operahuset i Sydney som blir projisert grafisk på fasaden.

AR kontaktlinser er en variant av AR som ikke er så lett tilgjengelig for vanlige folk, da denne teknologien ikke er kommet så langt og kostnadene er store for å utvikle dette.



Microsoft Hololens (HMD)



Heads up display (HUD)



Google glass- (AR-brille)



AR kontaktlinse



Håndholdt AR-system

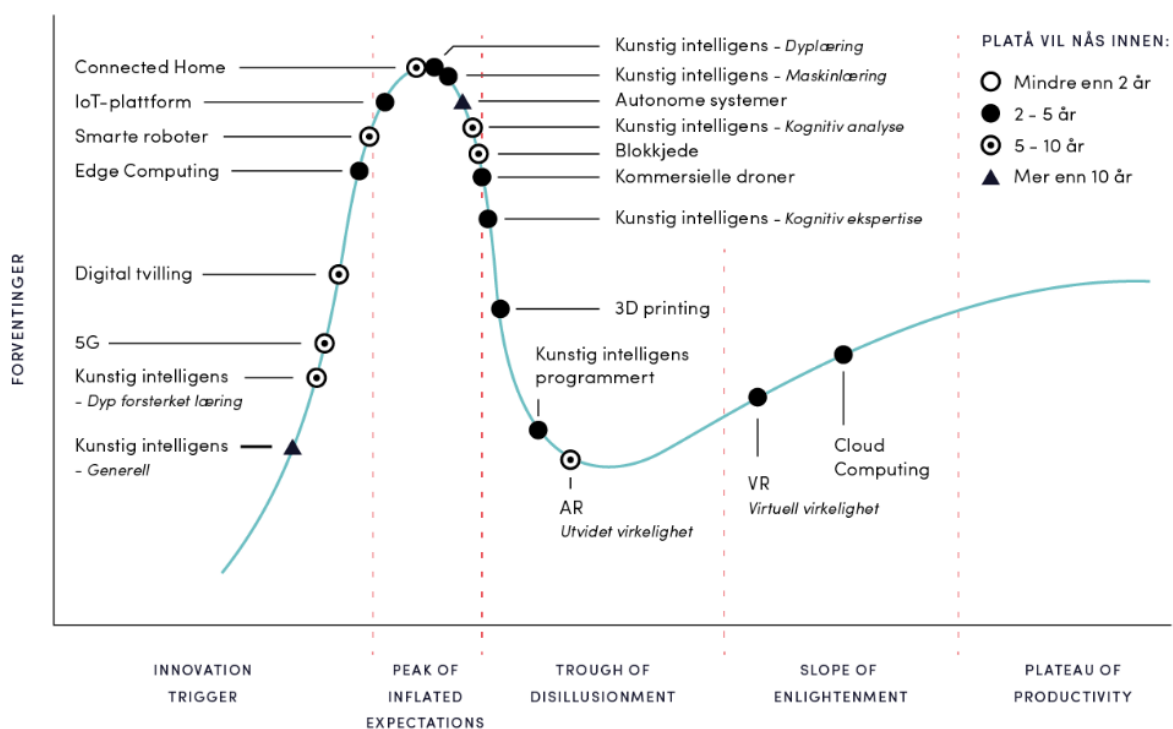


Spacial augmented reality

Figur 5: Ulike systemer å bruke AR på (Kilde:(Microsoft, 2019; Kogan, 2019; Google, 2017; Seoulspace, 2016; Reza og Carpenter, 2018; wikiwand, 2012))

2.4. Oversikt over andre relevante teknologier

Det er ikke til å komme utenom andre relevante teknologier når man skal se på AR, da mye bygger på hverandre og er med på utviklingen av AR. I Norge har man lansert en felles ny strategi for Norges digitale fremtid – Digital24. Der kartlegges de 16 mest spennende teknologiene for Norge og vår fremtid, og AR er blant dem, se Figur 6. De snakker også om dette med en digital tvilling, som for samferdselsbransjen da er snakk om en type BIM modell, der alt som bygges og er bygd, finnes som en digital tvilling (Cobuilder, 2018).



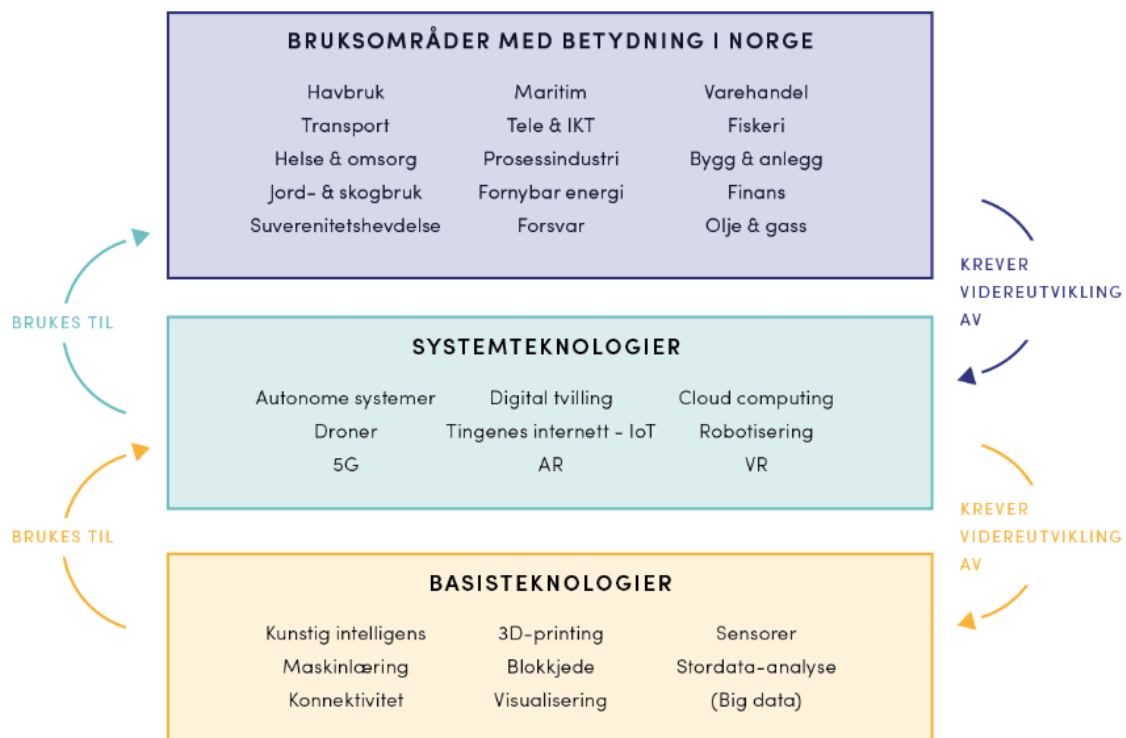
Figur 6 viser en oversikt over Digital24's 16 teknologier de mener vil spille en ekstra stor rolle fremover (Kilde: (DigitalNorway, 2018))

Figuren over viser en oversikt over teknologier som er ansett som viktig for Norge, på tvers av industriene, der Norge skal være ledende.

«Disse teknologiene treffer veldig mange næringer, vi er ofte langt fremme innen forskning og utvikling, noen steder ser vi et internasjonalt potensial for de norske aktørene» ((Moeggen, 2018).

Samferdselsbransjen er en av disse bransjene, sammen med bygg og anlegg, der Norge er et av landene som er ledende både internasjonalt og nasjonalt innenfor BIM (Standard, u.å.) og dette med digital tvilling.

Figur 7 viser en sammenheng mellom basisteknologier, systemer og hvilke bruksområder som har betydning for Norge, og der vises det til disse tema som er en utrolig viktig del av BIM, planlegging, og medvirkning, nemlig «Digital tvilling (BIM), Visualisering (medvirkning) og bygg og anleggsbransjen. Dette bekrefter også viktigheten av å videreutvikle disse temaene, og måten man jobber med dette.



Figur 7 viser en oversikt over bruksområder med betydning for Norge, og hvilke teknologier de mener er nødvendig (Kilde: DigitalNorway, 2018)

2.5. Bruk av AR i samferdselsbransjen internasjonalt

Scandinavia er et område i verden som ligger veldig langt fremme når det kommer til bruk av BIM og 3D-modeller i bygg og anleggsbransjen (Smith, 2014). Dette har vært med på å gi oss en fordel når det kommer til andre teknologier som er tett beslektet BIM.

Det pågår også forskning i Danmark der konsulentfirmaet Cowi samarbeider med Aalborg Universitetet om å utvikle en applikasjon for AR til samferdsel. Denne applikasjonen er snart ute på det åpne markedet, og tidligere utførte tester viser at denne har et godt potensiale for samferdselsbransjen og AR. (Kjems og Hedegaard, 2018)

Det er ofte opp til programvare- og utstyrsleverandører å drive utviklingen av nye AR-systemer og applikasjoner. De må ofte skape et behov for brukerne som ikke finnes i dag. Det pågår en utvikling av AR til samferdsel i alle de store vestlige land, og utviklingen er kommet lengst i land som har en stor BIM-andel. Se Figur 8, der grønn og rød boks er land som er kommet lengst i bruk av BIM.



Figur 8 viser en oversikt over hvor langt de ulike land er kommet med tanke på BIM (Kilde: (Shimonti, 2018))

3. Metode

I denne delen av oppgaven vil opplegget for den metodiske tilnærmingen av masteroppgaven bli lagt frem. Alle valg som ble tatt med tanke på intervju, intervjuobjektene, metode og analyser vil bli beskrevet. Teorien bak metoden vil også bli kort forklart. Til slutt vil utarbeidelsen av intervjuene og hvordan intervjuene ble utført, samt resultater som transkribering og analyse bli presentert.

3.1. Kvalitativ metode

Metoden som er valgt for denne masteroppgaven er kvalitativ tilnærming, som betyr at innsamling og anskaffelse av data gjøres gjennom semistrukturerte intervjuer og et litteratursøk/studie i forkant. I følge (Jacobsen, 2005) så egner det seg med semistrukturerte individuelle intervju seg når det er relativt få intervjuobjekter, og i denne oppgaven er det totalt fire intervjukandidater.

I dette tilfellet finnes det en del informasjon om deler av emnet, men ikke så mye om spesifikt AR i samferdselsbransjen. Det gir en fleksibilitet i datainnsamlingen å ta i bruk kvalitativ metode, da semistrukturerte intervju ofte kan gi en dybde og detaljforståelse av et emne.

Ulemper med denne metode er at det er ressurs- og tidskrevende og utføre slike semistrukturerte intervju. I denne oppgaven er det begrenset med tid og ressurser til å gjennomføre slike intervju, og det medfører at man må nøye seg med få respondenter. Dette fører til at man får en utfordring med representativiteten, «*er de man intervjuer representativ for andre enn seg selv?*» (Jacobsen, 2005, s. 130)

En annen ulempe med denne metodeformen er etterarbeidet, det er enormt ressurskrevende å transkribere lydopptak og kategorisere alt som har blitt diskutert og snakket om. Det kan være veldig vanskelig å tolke all informasjon fra disse intervjuene, og få med seg alle nyansene. (Jacobsen, 2005) snakker også om en utfordring knyttet til nærhet, at man kan være for tett knyttet til intervjuobjektene, og på den måten bevist eller ubevist unngå å ta med synspunkter eller kritiske spørsmål om intervjuobjektene, eller om selve emnet det forskes på.

3.2. Pålitelighet og gyldighet

Det som menes med gyldighet i metodesammenheng er om data man har samlet inn er med på å besvare den opprinnelige problemstillingen (Jacobsen, 2005).

Pålitelighet i denne type datainnsamling kan være en utfordring, særlig i det som blir kalt *intervjuereffekt*, der måten intervjuer oppfører seg, kler seg, måten spørsmålene blir stilt, rekkefølgen på spørsmål osv. Dette kan generere resultater som er annerledes enn om noen andre utfører selve intervjuet. Selve intervjuet kan også påvirke resultatet, med tanke på om det er et planlagt intervju eller om det virker kunstig eller «*om det utføres på en plass som virker veldig unaturlig*» (Jacobsen, 2005, s. 227).

Det er kvalitativ metode og intervju som er benyttet i denne oppgaven, og det kan være vanskelig å måle påliteligheten ved en slik metode. Denne type intervju og datainnsamling er veldig kontekstavhengig, og «*resultatet vil være helt avhengig av den spesielle sammenhengen*» (Jacobsen, 2005, s. 230), og sammenhengen her vil være relasjon mellom intervjuer og intervjuobjekt, måten intervjuet ble utført på og hvordan spørsmålene ble stilt.

3.3. Kritisk vurdering av oppgaven

Noe annet man også må nevne er kritisk vurdering av egen forskning. I følge (Nilssen, 2012) så vil kvalitativ forskning alltid være preget av forskerens bakgrunn og forståelse. At man på forhånd gikk inn mot oppgaven med en tanke om at svaret var klart, og det derfor påvirker hva man ser.

3.4. Litteratursøk

Jeg har drevet med litteratursøk under hele perioden og prøvd å skaffe meg all den informasjonen som er tilgjengelig om temaet. Da har jeg brukt ulike søkemotorer og databaser for å hente pålitelige og relevante artikler og nettsteder.

3.5. Innhenting av informasjon

Primært har det blitt brukt Google Scholar, Oria og vanlige søk via google.no for å søke etter litteratur. For å snevre inn søket så godt som mulig har jeg brukt søkeord som «AR» «VR» «BIM» «Infrastructure» «samferdsel», siden dette er tema som skal dukke opp i artikler som handler om AR-systemer, og bruk av dette i samferdselsprosjekter. Når det dukket opp relevante artikler, kunne jeg ofte følge kilder som var brukt og dermed skaffe meg enda mer kunnskap om emnet.

Dette er en nokså ny teknologi innen samferdsel, og det finnes ikke veldig mye vitenskapelige artikler som omhandler dette tema direkte, men det er en del artikler som handler om noen av «nøkkel» temaene som BIM, VR og AR. Det medførte at en god del artikler måtte leses om hvert tema for så og settes i sammenheng med hverandre.

Det som finnes om det norske og skandinaviske samferdselsmarkedet + AR er ofte artikler, konferanse-innlegg og manualer. Disse er ofte utarbeidet av konsulenter og andre byggherrer. Det er også noen Bachelor og Masteroppgaver som handler om disse ulike temaene, hver for seg.

3.6. Kildekritikk

For å kunne vurdere kildene som brukes i denne oppgaven på en korrekt måte, er det blitt benyttet TONE-prinsippet (NTNU, 2018), og med TONE menes:

- T – Troverdighet: Har forfatteren troverdighet, kan denne personen knyttes opp mot en respektert institusjon, er det vedlagt kontakt informasjon mm. Deretter må man vurdere om utgiveren er anerkjent og troverdig.
- O – Objektivitet: Er det potensielle interessekonflikter, er det et objektivt syn på saken eller er det en spesiell vinkling? Er data i samsvar med tidligere forskning? Er flere sider av saken belyst?
- N – Nøyaktighet: Er det slurvete og unøyaktig? Er artikkelen gammel? Er det kilder i artikkelen?
- E- Egnethet: Er informasjonen egnet for det formålet jeg har? Er artikkelen skrevet av fagfolk eller av personer uten spesifikk fagkunnskap? Er det lett å finne frem i artikkelen eller er den vanskelig å finne informasjon i?

3.7. Forskningsintervju

Det finnes flere måter å skaffe seg det datagrunnlaget som er nødvendig for å gjennomføre en kvalitativ metode. Intervju ble valgt som metode, da det egnet seg best til denne problemstillingen, med tanke på tid og ressurser som var tilgjengelig (Dalland, 2007).

3.7.1. Semistrukturert intervju

Semistrukturert intervju er i prinsippet datainnsamling gjennom samtale, der samtalen blir styrt av intervjueren. Formålet med intervjuet er å enten få vite noe nytt, eller bekrefte/avkrefte noe som er usikkert (Jacobsen, 2005).

Det er gjennom semistrukturert intervju med nøkkelpersoner innenfor vegplanlegging, BIM, VR, AR, reguleringsplanlegging og byggefasen jeg har skaffet meg store deler av datagrunnlaget for å besvare problemstillingen. Det er utarbeidet en overordnet intervjuguide som ble brukt til intervjuene, men tilnærmingen og rekkefølgen på spørsmål og tema var ulikt fra person til person.

Ulempen med å ha ulik rekkefølge og spørsmål er at etterarbeidet blir mer tidkrevende, og det blir vanskeligere å sammenligne resultatene fra intervjuobjektene (Johannessen, Christoffersen og Tufte, 2010).

3.7.2. Valg av intervjuobjekter

Intervjuobjektene er personer fra Statens vegvesen og konsulentbransjen, som er godt kjent med reguleringsplanprosessen og byggefasen, og intervjues i forbindelse med problemstillingen som handler om utfordringer med AR i vegprosjekter.

Intervjukandidatene er godt kjent i alle faser i et vegprosjekt, i flere ulike roller. De er nøye utvalgt på grunnlag av deres kompetanse og erfaring innenfor emnet.

Det er også intervjuet personer utenfor Statens vegvesen, som er ansatt hos en rådgiver. Dette er nøkkelpersoner med tanke på AR, BIM og teknologi, og er personer med mye kunnskap om emnet.

3.7.3. Utarbeidelse av intervjuguiden

Når intervjuguiden ble utarbeidet, ble det brukt mye tid på formulering og strukturering av spørsmål og innhold. (Jacobsen, 2005) har en oversikt over fire generelle kjennetegn på gode spørsmål, og i den grad det var mulig har de rådene blitt fulgt.

- Enkle
- Nøytrale
- Åpne
- Fokuserede

Det har vært en utfordring å finne frem til gode spørsmål som kan kaste nytt lys over problemstillingen, siden temaet utvidet virkelighet (AR) er ganske nytt innen samferdselsbransjen.

Det ble også brukt betydelig tid og ressurser for å produsere en del av grunnlaget for intervjuene, altså illustrasjonene. Disse illustrasjonene har vært et av hovedpunktene under intervjuene og utarbeidelsen av spørsmål/tema til intervjuene. For å utarbeide disse illustrasjonene ble det kjørt 2 runder med testing av AR-utstyr ute i felt, både på

byggeplass og i jomfruelig terreng. Dette har medført at jeg både har lært mye om AR-utstyr og hvordan det fungerer i praksis, samt hva som må til for å produsere grunnlaget til intervjuguiden.

3.7.4. Gjennomføring av intervjuprosessen

De 4 intervjuene som ble gjennomført varte ca. en time, totalt fire timer. Det ble utført ett intervju hver dag i fire dager, og resten av dagen gikk med til transkribering og etterbehandling av intervjuresultatet. Jeg hadde forventet at det kunne bli noen misforståelser eller emner som ble tolket litt ulikt fra person til person, men opplevde ikke at det var tilfellet. De var noenlunde samstemte i tolkningen av spørsmål og emnene det ble snakket om. Intervjuene ble gjennomført på intervjukandidatenes respektive kontor, både fordi det sparte tid, men også fordi jeg ville at de skulle være så komfortable som mulig.

3.7.5. Feilkilder ved semistrukturerte intervjuer

Det er mye som kan være en feilkilde ved å bruke kvalitativ metode, og semistrukturerte intervjuer. Det er feilkilder som handler om selve intervjuet, der intervjuobjektet kan misforstå spørsmål, glemsel, opptak, feil på transkribering mm. (Dalland, 2007, s. 93-95) Det er viktig og ikke være fast bestemt på de data man samler inn, men at man har et åpent sinn. En mulig feilkilde er den sosiale interaksjon mellom intervjuer og intervjuobjektet, at kjemien ikke helt stemmer og påvirker svarene til intervjuobjektet, eller måten intervjuer oppfører seg og stiller spørsmålene.

Det sammen gjelder i de situasjoner der intervjuobjektet kan svare på det som er sosialt forventet, altså det man som er forventet at du svarer, men ikke det du nødvendigvis selv ville svart. (Sudman og Bradburn, 1974) nevner veldig mange feller og feilkilder man kan støte på under slike intervju, og det er viktig å være oppmerksom på disse. Det nevnes kjønn, alder, utdanning, sosial status, rase og hvordan spørsmål stilles.

Noe som kan være relevant i denne situasjonen er når på dagen intervjuet føres, er det sent på arbeidsdagen, har intervjukandidatene veldig mye annet å tenke på? er de forberedt til intervjuet? Har vi en god kjemi? Har alder noe å si? Det er mye som kan slå ut på svarene, men det er viktig og være oppmerksom på det.

Få respondenter vil også kunne ha noe å si på resultatet, siden feiltolkninger kan gjøre store utslag, både under intervju og feiltolkning av meg i etterkant. Dette kan reduseres ved å transkribere og føre notater underveis i intervjuet, og at man tar kontakt med intervjukandidatene i etterkant eller underveis og dobbeltsjekker deres svar.

Selve intervjuguiden og litteratursøket kan også være en feilkilde, der de tema/spørsmål som ble valgt å snakke om kan være for vage, eller feil formulert, slik at man ikke får svar på det man er ute etter.

3.8. Etikk i forskningen

Under en masteroppgave skal man forholde seg til forskningsetikk, dens regler og normer. Man skal tilstrebe og være redelig, sannferdig og utøve etterrettelig forskning av god kvalitet. (Mikkelsen, 2016)

Viktige prinsipper er at all deltakelse skal være frivillig, man har rett å vite hvis man blir forsket på, og man skal sikre personvernet til deltakere. I denne masteroppgaven har jeg valgt og anonymisere deltakerne og deres svar. Deltakerne har gitt sitt samtykke til at deres svar og synspunkter blir brukt til denne oppgaven. Ellers har jeg prøvd å opptre etisk og rettferdig ovenfor intervjukandidatene og mot forskningen.

4. Gjennomføring av datainnsamling

Kapittel 4 presenterer hvordan datagrunnlaget for intervjuguiden og intervjuene ble gjennomført. Det blir forklart hvordan illustrasjoner som ble brukt under intervjuene ble laget. Dette innebar en utprøving av AR-verktøy ute i felten, for å både lage materiale for intervju, men også for å skaffe bedre kunnskap om de ulike verktøyene som finnes i dag.

Kapittel 4.1 handler om hvordan materialet som ble brukt under intervjuene ble utarbeidet. Det foregikk en lang periode med testing av ulike AR-verktøy for å kunne produsere illustrasjoner, og for å undersøke om man kunne bruke noen av de tilgjengelige AR-verktøyene under intervjuene.

De ulike AR-verktøyene var i utgangspunktet tenkt å bruke i forbindelse med intervjuene, slik at intervjuobjektene fikk se hvordan dette brukes. Siden dette er en masteroppgave med begrenset tid og ressurser og flere av verktøyene bare er i prototype stadiet, var det ikke mulig å gjennomføre praktiske øvelser med intervjuobjektene. Resultatet ble at jeg utarbeidet et grunnlag for å bruke i de forskjellige verktøyene, og utførte de øvelsene uten intervjuobjektene, og dokumenterte det med video, bilder og forklaring på hva de ulike AR-verktøyene kunne gjøre. Det mest optimale ville vært å ha med alle intervjuobjektene ut i terrenget og utført testene sammen. Da det ikke lot seg gjøre, var det best og ikke ha med noen, slik at deltakerne hadde samme utgangspunkt.

4.1. Innledning

Dette kapitlet inneholder testing av ulike AR-verktøy for på best mulig måte forklare og illustrere intervjuobjektene hva utvidet virkelighet (AR) for vegprosjekt er. Det resulterte i en rekke video og bilder som ble produsert under testingen, og senere redigert for å kunne presentere for intervjuobjektene. Bakgrunnen for denne testingen i forkant av intervjuene, er at det var ikke mulig å låne, eller sikkert at intervjuobjektene kunne være med ut for å oppleve AR, slik som det var tenkt.

Det er testet 2 ulike AR-systemer (Trimble Sitevision og VDC Live) i forbindelse med denne masteroppgaven. Det ene systemet er en applikasjon til iPad (VDC Live), og bruker den innebygde GPS'en (Global posisjonerings system), mens det andre (Trimble Sitevision) er et system som baserer seg på mobiltelefoni kombinert med GNSS (Global navigasjon satellitt system, med andre ord en «GPS-antenne»). Forskjellen er i hovedsak nøyaktigheten på 3D-objektene i virkeligheten, der Sitevision (GPS-antenne) har en nøyaktighet på 1 centimeter på 10 meter, som betyr at for hver 10 meter er det maks 1 centimeter feil, og på 100 meter er det 10 centimeter. Mens applikasjonen på iPad, VDC Live har en nøyaktighet som er adskillig dårligere enn ved bruk av GNSS-antenne.

4.2. Formål med testingen

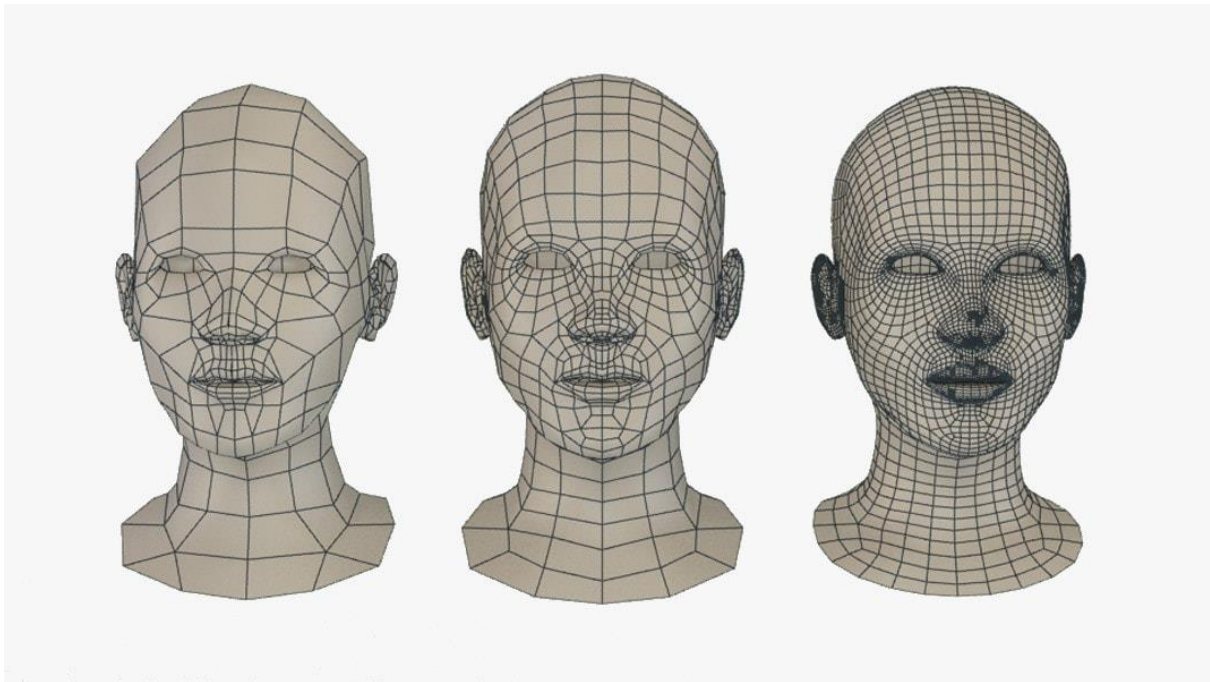
Valg av tema for denne masteroppgaven oppsto under en konferanse der Trimble Sitevision ble demonstrert. Man kunne da se at dette verktøyet muligens var relevant for oss i Statens vegvesen. Både i medvirkningsfaser og ute på anlegg (som det primært er utviklet for). Vi i Statens vegvesen er bestandig på utkikk etter metoder/teknologi som kan gjøre oss bedre og mer effektiv, og dermed få en bedre nytte av skattepengene. Det måtte derfor undersøkes om denne typen verktøy kunne bidra til det.

Testingen er planlagt i 2 deler, der prosjektet «Fastlandsforbindelsen» er testet med begge AR-systemene, mens «Presterødbakken» kun har blitt testet med det ene, Trimble Sitevision.

4.3. Forarbeid og forberedelse

For å kunne bruke disse AR-systemene, behøver man 3D-modeller av noe, og i denne masteroppgaven er det brukt 3D-modeller fra et prosjekt som er under planlegging og jeg er involvert i til daglig, samt et annet prosjekt som er under bygging, der jeg ikke er involvert.

Modellene i denne masteroppgavene er utarbeidet av konsulenter på oppdrag for Statens vegvesen, og deretter forenklet av meg. Det er nødvendig å forenkle modellene slik at størrelsen blir mindre, antall polygoner (flater i modellen) reduseres, og modellen blir enklere å håndtere. Modellene skal inn på en mobiltelefon, og da er kompleksitet en begrensning. Det var viktig å redusere detaljeringen uten å miste hovedtrekket av 3D-modellen, se Figur 9 for et eksempel om reduksjon av polygoner i en 3D-modell.



Figur 9 viser reduisering av polygoner (Kilde: (Dwarf design, 2017))

En utfordring ved å redusere antall polygoner er at man kan miste mye av formen på objektet ved å redusere det for mye, det har derfor vært en del prøving og feiling underveis for å beholde nok av formen, og samtidig redusere så mye som mulig av størrelsen. Det er benyttet Trimble Sketchup Pro til editering av fagmodeller for bruken, og Autodesk Infracore som presentasjonsmodell, det er i denne modellen oversiktsbilder og en del av illustrasjonene til sammenligning av AR-verktøyet ble hentet fra.

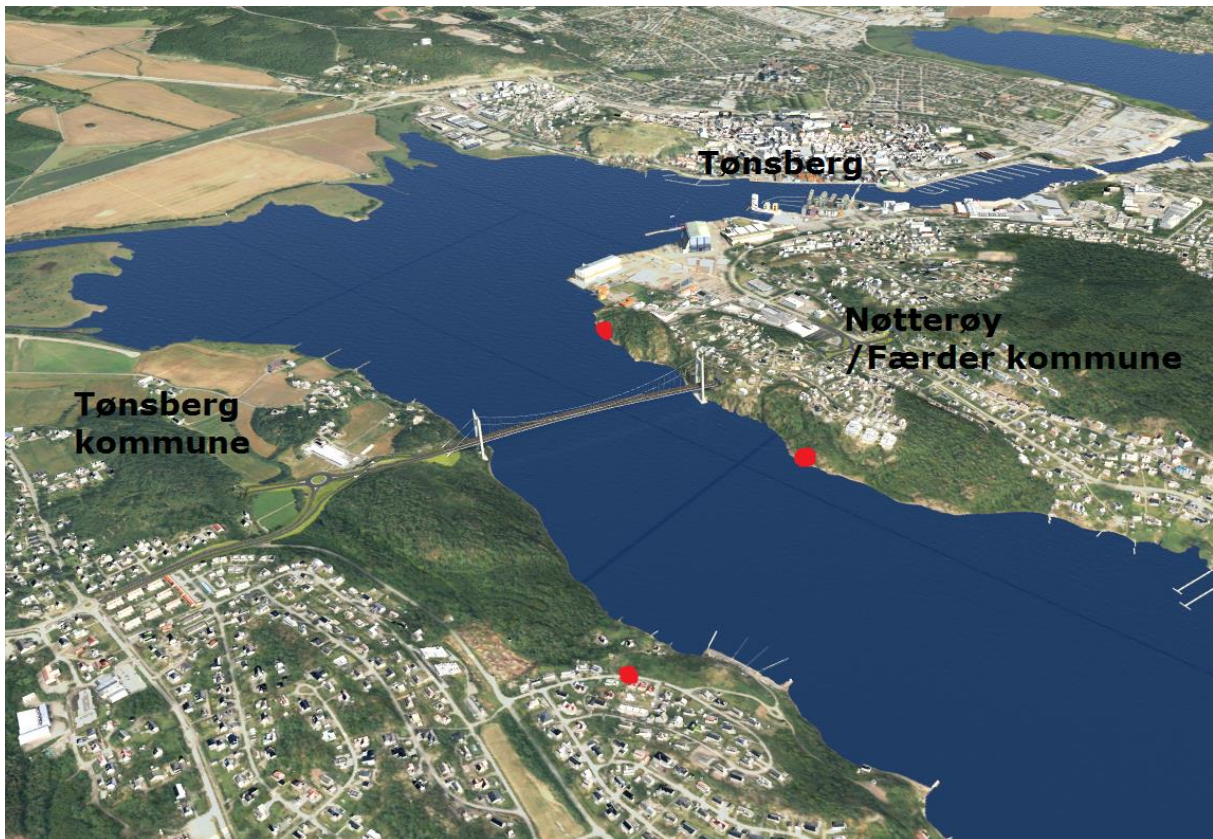
Forarbeidet for testingen har vært det samme for begge systemene, da fagmodellene er levert på et åpent format, som gjør at man kan ta de i bruk i begge systemene.

4.4. Prosjektene

Her beskrives prosjektene jeg gjennomførte testingen med AR-verktøy. Dette er prosjekter som både er i regulering- og byggefasen, og dermed egnet seg godt for denne oppgaven.

4.4.1. Ny fastlandsforbindelse fra Færder

Det ene prosjektet som er brukt som grunnlag heter «Ny fastlandsforbindelse fra Færder» og er en del av Bypakke Tønsbergregionen. Det er per i dag kun en bilforbindelse over til Færder kommune, og derfor er det en ny forbindelse under planlegging. Det er nettopp utført en kommunedelplan med vurdering av mange ulike alternativer for vegtrase, og den som ble valgt heter «11500» og det er en bru-løsning. Prosjektet strekker seg lengre enn bare selve bruområdet, men er ikke relevant for oppgaven, derfor er ikke det tatt med. Grunnen er at det er selve broen jeg har hatt fokus på å illustrere og bruke 3D-modell av. Figur 10 viser en del av prosjektområdet til prosjektet, med fokus på den kommende bru-løsningen over Vestfjorden, fra Færder til Tønsberg kommune.



Figur 10: viser prosjektområdet (kilde: (vegvesen, 2019a))

Fasen til prosjektet er reguleringsplanfasen og det passer godt med denne masteroppgaven med tanke på detaljering og hva som er produsert av fagmodeller.

Under forarbeidet er det bestemt et par lokasjoner som skal benyttes, slik at det man tester ute i den virkelige verden, kan sammenlignes med 3D-modellen og brukes under intervjuene slik at man får en diskusjon rundt fordeler og ulemper. Se Figur 10, der de røde prikkene indikerer ststeder som er valgt.

4.4.2. Fv311. Presterødbakken

Dette prosjektet er et prosjekt som er i byggefasen og befinner seg i Tønsberg. Dette prosjektet har som formål å utbedre en eksisterende flaskehals. Det skal bygges om fra to til fire felt, med sambruksfelt og nytt gang sykkelvegsystem. Dette er et prosjekt jeg ikke er involvert i, men det egnet seg veldig godt til utprøving av AR-utstyret i en byggefase. Dermed kunne jeg skaffe meg grunnlag for intervjuene og for forskningen i oppgaven.



Figur 11 viser Fv. 311 Presterødbakken (Kilde: (vegvesen, 2019b))

Dette prosjektet var under bygging da jeg utførte testingen av det ene AR-systemet, Trimble Sitevision. Det som ble brukt av 3D-modeller i AR-systemet var en fagmodell av VA, altså 3D-fagmodell av Vann og avløpssystemet, kummer, ledninger og rør som skulle legges under bakken. I denne delen av testingen hadde jeg ikke noen faste lokasjoner jeg skulle stå på, men beveget meg rundt på byggeplassen for å se de prosjekterte 3D-fagmodellene opp mot det som var satt ut i virkeligheten.

4.5. AR-verktøyene

Her blir AR-verktøyene som ble brukt under testingen presentert.

4.5.1. AR-verktøyet Viasys VDC Live

Viasys VDC Live er en applikasjon til mobiltelefon og nettbrett, og er i denne oppgaven brukt på en iPhone 8s og iPad pro. Denne applikasjonen er i hovedsak en applikasjon for å kunne se fagmodeller og tverrfaglige modeller på telefoner og nettbrett, samt å enten bruke en QR-kode for å vise modellen eller bruke en AR-funksjon, som gjør at du kan se fagmodellen ute i felt på sin opprinnelige posisjon.



Figur 12 viser VDC Live (Kilde: (partner, 2016))

Systemet baserer seg på mobiltelefonens/nettbrett interne GPS og mobilnett, samt hvor kraftig mobiltelefonen/nettbrettet er.

4.5.2. AR-verktøyet Trimble Sitevision

Trimble sitevision som er brukt under denne testingen er lånt av firmaet Sitech. Denne versjonen av sitevision er en prototype, og det er fortsatt en del som skal utvikles før den kommer til salgs. Sitevision er et system som viser modellerte 3D-objekter på en mobiltelefon, ved å bruke kamera, GNSS-mottaker og 4G. Det unike med dette systemet kontra andre system (som kun bruker mobiltelefonen og dens innebygde sensorer og GPS) er nøyaktigheten man får med GNSS-antennen og 4G. (Figur 5)

Systemet består av:

- Samsung Galaxy S8+ mobiltelefon
- Trimble Catalyst GNSS antenne
- Håndtaket som består av batteri og koblingen mellom antennen og mobiltelefonen
- En målestang.

Mobiltelefonen som brukes her er en standard Samsung Galaxy S8+, og der utnyttes telefonens sensorer for bevegelsessporing og gyro (aksene).

Trimble Catalyst er en GNSS antenne, som baserer seg på abonnement for å bruke, og man betaler for den nøyaktigheten man har bruk for. Dette i samarbeid med mobiltelefonens 4G nett gjør at den kontinuerlig får korrigeringer via 4G ang posisjonen.

Håndtaket som kobler alt sammen er 3D-printet og fortsatt en prototype. Det inneholder et oppladbart batteri og en USB kobling slik at mobilen kan kobles mot antennen.

Det følger også med en målestang på 1,2m, som du kan montere håndtaket på og dermed måle inn punkter i felt.

4.6. Test-perioden av AR-verktøy

Det er gjort 2 ulike testperioder, der Trimble Sitevision ble testet først, da utstyret som var nødvendig kunne lånes 1 uke i februar. Trimble sitevision har en høy brukerskel, og det krever endel forkunnskaper om både oppkoblingen mot satellitter og hvordan man bruker selve utstyret. Dette medførte at det gikk med en del tid i starten til å lære seg utstyret og hvordan få det til å fungere optimalt.

Ellers opplyste Sitech om mulige utfordringer rundt dette med «drifting» av 3D-modellen, at mobiltelefonen ikke var kraftig nok hvis det var objekter som strekte seg langt vekk, og i tillegg hadde svinger, slik som i Figur 13.



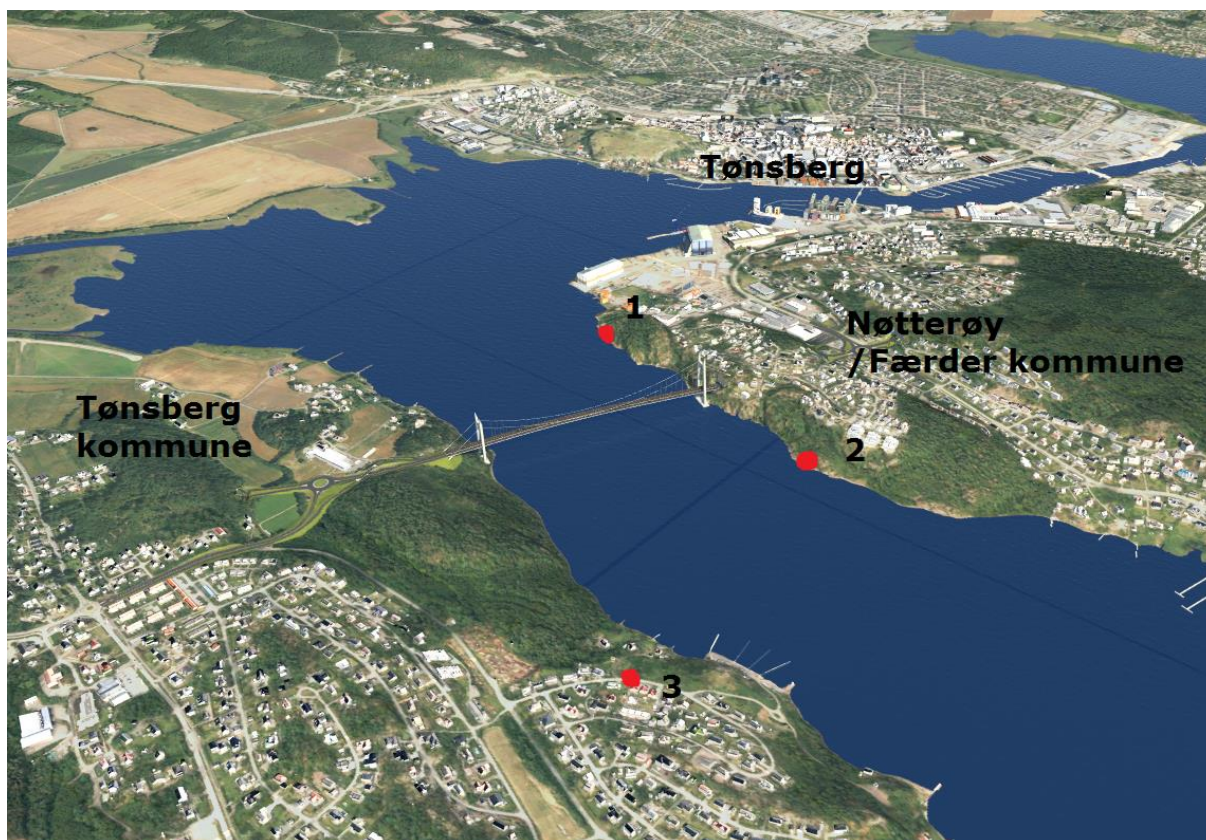
Figur 13: viser "drifting" av 3D-modell problemer med Trimble Sitevision (Kilde: (Sitech, 2019))

Ny Fastlandsforbindelse fra Færder testing:

Det var en del utfordringer med å koble seg opp på satellittene, man kunne heller ikke oppholde seg under store trær, eller for nært bygninger, da ville man miste en del satellitter og nøyaktigheten ville bli lavere. Det var også utfordrende å bruke systemet der det var mye snø.

Lokasjon 1 og 2 (se Figur 14) var ikke mulig å ta seg frem til i februar, pga snø og terreng. Lokasjon 3 ble løsningen for den første testperioden, se figur 11 for forklaring av hvor lokasjonene er.

Testingen foregikk på lokasjon 3 ute i terrenget for «Ny Fastlandsforbindelse fra Færder» og 3D-modellen av broen ble lastet inn i AR-systemet og forsøkt vist opp mot der broen er tenkt bygd. Dette gikk utmerket i de fleste tilfeller, der broen havnet der den skulle, men det var til tider usikkert om det var helt korrekt. Det kan virke som det er mulig å manipulere systemet til en viss grad, slik at man får modellen dit man vil, men kanskje ikke dit den skal være. Men merk at dette kun er små justeringer av selve modellen.



Figur 14 viser lokasjonene som ble brukt under testing (Kilde: (vegvesen, 2019a))

Den andre testperioden i dette prosjektet foregikk litt senere, og det var med iPad og applikasjonen Viasys VDC Live. Da ble testingen utført på lokasjon 1 og 2. Lokasjon 3 ble for langt vekk for applikasjonene til å takle, den klarte ikke å vise modellen der den skulle være, og testingen ble avbrutt for den lokasjonen. Modellen var for langt unna der man befant seg, det var ca. 1km i luftlinje.

Fv311. Presterødbakken testing:

I dette prosjektet hadde jeg muligheten å teste Trimble Sitevision ute på en byggeplass, der det var satt ut en del Vann og avløps kummer og rør, og dermed kunne jeg laste inn de prosjekterte 3D-fagmodellene og se hvordan det stemte med det som var bygd.

Figuren under viser en VA-kum som var satt ut i terrenget, og den prosjekterte 3D-fagmodellen som en utvidet virkelighet over den virkelige VA-kummen. I topp venstre hjørne ser man samtidig hvor mange satellitter man er koblet mot og hvor mange cm nøyaktighet man har. Under vises kompassretningen sin nøyaktighet. Disse er nødt å være «Grønn» for å kunne vise 3D-fagmodellen, da det kreves høy nøyaktighet for å vise 3D-objekter i virkeligheten.



Figur 15 viser et skjermdump fra AR-systemet Sitevision ute på byggeplass (Kilde: (Raunholm, 2019a))

Testingen foregikk ved at jeg først meldte meg hos entreprenør Marthinsen & Duvholt og fikk klarering til å gå ute på anleggsområdet og bruke AR-systemet. Deres ingeniører var veldig interessert i dette, og hadde veldig mange spørsmål og ville vite om det kunne brukes på deres anlegg og i andre byggeprosjekter. Det tyder i hvert fall på at det kan være en mulighet for gevinst i denne fasen av et vegprosjekt, da det er her entreprenørene skal tjene sine penger.



Figur 16 viser Fv311. Presterødbakken prosjektet (Kilde: (vegvesen, 2019b))

Etter å brukt en dag på anlegget, der jeg benyttet både 3D-fagmodell for Vann og avløp, og veg-situasjonen, der jeg fikk sett på hvordan det virtuelle stilte seg mot det som var bygd. Det var utfordringer med opptak av video og bilder fra telefonen, det medførte en del ekstra tid å koble opp satellittene etter hvert opptak på telefonen. Testingen varte i ca 1t, der mye av tiden ble brukt på finne beste måte å både holde systemet i hånden, men også hvordan bevege seg. Etter testingen var det tid for etterbehandling og se på resultatene.

Siden resultatene var i form av bilder og video, tatt opp både på selve AR-systemet, men også opptak tatt av egen mobiltelefon, krevde det en del etterarbeid og redigering for å kunne presentere resultatet til intervjuobjektene.

4.7. Resultater av test-perioden

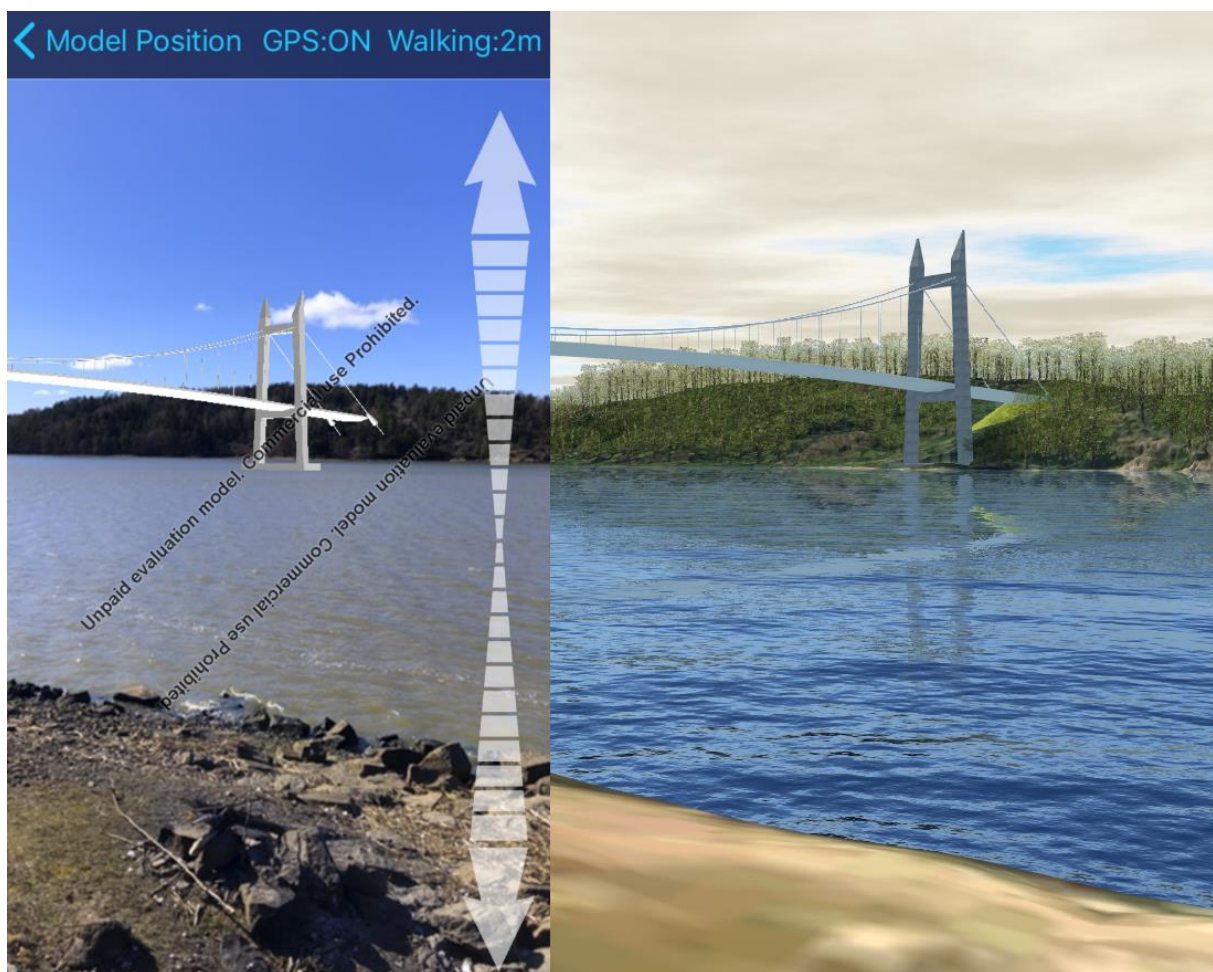
Denne delen av test-perioden handler om hva slags resultater testingen av de ulike AR-systemene ga, og hvordan de ble behandlet og klargjort til bruk i intervjuene, slik at man hadde illustrasjonsgrunnlaget klart til intervjuene.

Resultatet fra testingen av AR-systemene blir satt side om side ved et utsnitt fra en presentasjonsmodell som er laget i forbindelse med utarbeidelse av Kommunedelplan for ny fastlandsforbindelse fra Færder. Utsnitt fra presentasjonsmodellen og fra testingen er tatt på samme lokasjon.

Først presenteres resultatene fra «**Ny Fastlandsforbindelse fra Færder**»

Lokasjon 1.

Denne lokasjonen er også kun benyttet AR-systemet VDC Live på, og blir dermed også sammenlignet med presentasjonsmodellen ved sammen punkt.



Figur 17 viser lokasjon 1 med og uten AR (Kilde: (Raunholm, 2019b))

Lokasjon 2.

Ved denne lokasjonen var ble det kun brukt AR-systemet Viasys VDC Live, og sammenlignet med presentasjonsmodellen ved samme punkt. Her kan man se at broen er litt for høyt opp sammenlignet med 3D-fagmodellen i presentasjonsmodellen.



Figur 18 viser lokasjon 2 med og uten AR (Kilde: (Raunholm, 2019c))

Lokasjon 3.

Ved denne lokasjonen ble det kun brukt AR-systemet Trimble Sitevision, og her kan man se en av ulempene med AR-systemet, at 3D-fagmodellen er unøyaktig plassert høydemessig når man er langt vekk fra objektet. Broen er plassert høyere opp enn det den er planlagt, og man kan skape feilaktig inntrykk.

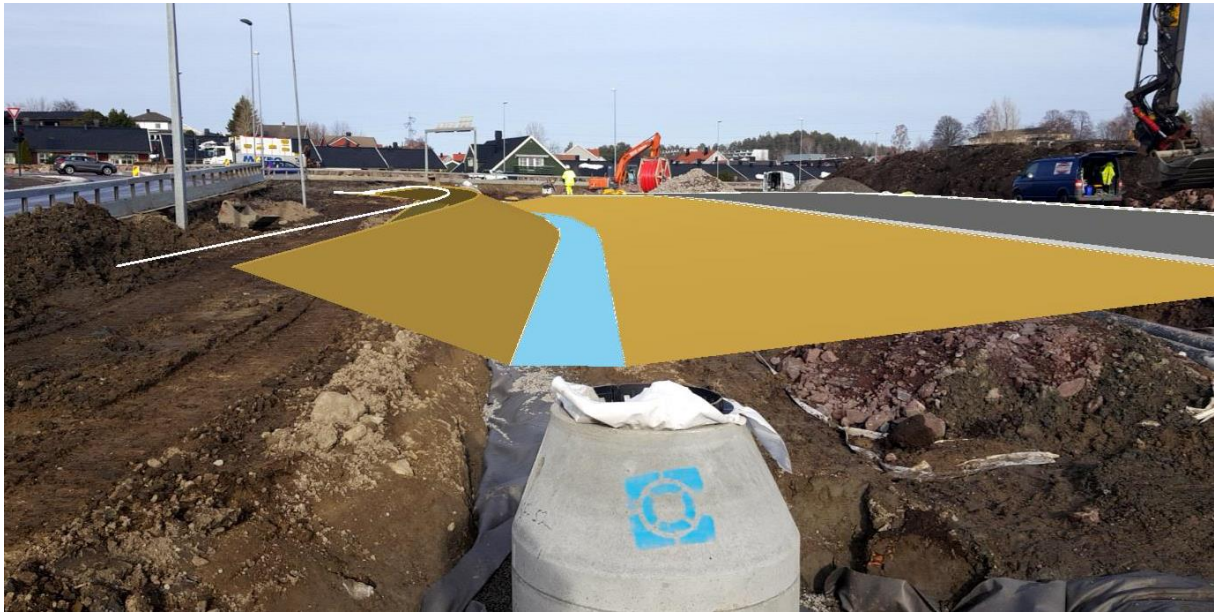


Figur 19 viser lokasjon 3 med og uten AR. (Kilde: (Raunholm, 2019d))

Fv311. Presterødbakken

Under testingen ved dette prosjektet ble det kun brukt AR-systemet Trimble Sitevision, og 3D-fagmodeller av Vann og avløp og en fagmodell for veg og grøftene.

Figur 20 viser en 3D-fagmodell for veg-flatene, der det gule representerer grøft og det blå er grøftebunnen, der vannet skal renne mot kummene. AR-systemet var en del frem og tilbake avhengig av vinkelen jeg holdt systemet, og hvordan jeg plasserte meg i forhold til 3D-fagmodellene. Her ser man at «vannet» skulle ha hatt fall rett mot kummen, og ikke halvveis til side for den.



Figur 20 viser 3D-fagmodell veg med grøft og en bygd VA-kum (Kilde: (Raunholm, 2019e))

Figur 21 og Figur 22 viser at ved riktig plassering av AR-systemet, både i høyde, vinkel og retning, får man et mer korrekt resultat. Figur 22 viser VA-kummen helt korrekt bygd, mens Figur 21 viser at kummen er plassert feil ute i terrenget eller at det er feil med 3D-fagmodellen/AR-systemet, det er vanskelig å bestemme.

Ved å teste dette AR-systemet ute på en byggeplass, der 3D-objektene var forholdsvis nært og man kunne gå helt inntil objektene, erfarte jeg at AR-systemet ofte viste objektene feil, men hvis jeg beveget meg annerledes eller vride AR-systemet på en spesiell måte, kunne jeg få objektene til å stemme bra med det som var bygd.



Figur 21 viser 3D-fagmodell VA og en bygd VA-kum (Kilde: (Raunholm, 2019e))



Figur 22 viser en 3D-fagmodell VA og en VA-kum som er bygd (Kilde: (Raunholm, 2019e))

4.8. Konklusjon

Testingen av de 2 ulike AR-verktøyene har vært veldig lærerikt, og det har resultert i en bedre forståelse av hele konseptet med AR, både i byggefasen og i de tidligere fasene der medvirkning er utrolig viktig. De to AR-verktøyene jeg testet har sine sterke og svake sider.

Trimble sitevision har en klar fordel når det kommer til nøyaktighet, men svikter litt på brukervennlighet og kostnad med systemet. Dette er et AR-verktøy som er beregnet på byggefasen, og for firma som har landmålingstjenester. I reguleringsplanfasen kan man også bruke dette AR-verktøyet, og være ganske trygg på plasseringen av 3D-fagmodellen og objektene, men man bør være ganske teknisk og faglig kyndig for å få en så bra gjennomføring som mulig.

Viasys VDC Live har en brukervennlighet som er ganske bra, det er lett å legge inn 3D-fagmodeller og bruke de ute i felt, men det store ankepunktet er nøyaktigheten. Man kan ikke være 100% trygg på plasseringen av objektene, men for en reguleringsplanfase, så kan det være godt nok. Det har også en fordel av at det er en gratis applikasjon.

Begge AR-verktøyene virker godt, men de muligens laget for hver sin fase av et vegprosjekt, der Sitevision passer best for byggefasen er VDC Live mer egnet for reguleringsplanfasen og de tidligere planleggingsfasene. Et tema som var gjennomgående for begge to handler om nøyaktigheten. Selv om Sitevision har en mye større nøyaktighet, så var det ofte situasjoner som gjorde at man fikk følelsen av usikkerhet, man visste ikke helt om det var riktig det man så. Dette kom av måten man håndterte utstyret, så det kan godt være brukerfeil og feil måte å vinkle/håndtering av AR-verktøyet.

5. Resultater

I dette kapitlet skal jeg presentere resultater fra de kvalitative intervjuene som er gjort i kapittel 4. Måten jeg har delt inn resultatene er forskjellige temaer som ble diskutert under intervjuene. Alle intervjuene var innen disse temaene, og dermed kan jeg til en viss grad sammenligne og oppsummere disse resultatene.

Det første emnet jeg starter med er litt bakgrunnsstoff, der litt om bakgrunnen for masteroppgaven, AR og om intervjukandidatene, samt erfaring med både BIM, AR, planlegging og prosjektering i reguleringsfasen.

Deretter følger fasen som handler om nøkkelspørsmål og mer fokus på AR. Her diskuterer vi også utfordringer med AR i reguleringsplanfasen og byggefasen, samt fordeler og ulemper. Det er også

Det ble gjennomført 4 intervju i april 2019, og det tok ca 1time å gjennomføre hvert enkelt intervju. 3 av intervjukandidatene er ansatte i Statens vegvesen og 1 fra konsulentbransjen.

Stillingsbeskrivelse/arbeidsoppgaver på intervjukandidatene strekker seg over et stort spenn, der rollene deres har er blant annet: Vegplanlegger/BIM-koordinator/BIM-utvikler/prosjektleder/prosjekteringsleder/3D-ansvarlig/Disiplinansvarlig veg.

De fleste kandidatene hadde vært innen alle fasene i en planleggingsprosess, der reguleringsplanfasen var noe alle hadde kjennskap til. Prosjektene de hadde vært involvert i var alt fra små busslommer til prosjekter i milliard-klassen. Alle kandidatene var også kjent med byggefasen av et prosjekt, der en hadde litt mer anleggskunnskap enn de andre tre.

5.1. Rammesetting og bakgrunnsstoff

Dette kapitlet inneholder resultatene fra intervjuene som handler om rammesetting og bakgrunnsstoff for kandidatene, der vi snakket om deres kjennskap til de grunnleggende begrepene BIM, fagmodeller, AR, reguleringsplanlegging og medvirkning i reguleringsplanfasen.

5.1.1. Kjennskap til BIM og fagmodeller

Intervjukandidatene kjente alle godt til begrepet BIM, både som planleggingsmetode og modellbruken. Tre av fire var veldig erfaren innen prosjektering med BIM, og hadde ofte rolle i prosjekter som BIM-koordinator/3D-ansvarlig. En av intervjukandidatene var veldig opptatt av «I» i BIM, der det ble uttrykt et ønske om en utvikling og forbedring av informasjonen man putter inn i en BIM. Det var en del mangler med informasjonen man kunne legge på modeller i dag, både i byggefasen men også for reguleringsfasen.

Alle kandidatene hadde også god bruk av en BIM-modell i folkemøter, planleggingsmøter og samhandlingsmøter med entreprenører, det er nå blitt en bransjestandard å ha en god tverrfaglig BIM-modell å diskutere rundt, «man sparer så mye tid og reduserer utrolig mye misforståelser og feil» sier en av intervjukandidatene.

Fagmodeller var også godt kjent for alle intervjukandidatene, der to av fire prosjekterte fagmodeller til daglig, mens de to andre gjorde dette tidligere i karrieren. Alle var veldig vant med bruk av fagmodeller sammen med andre fagmodeller, i en tverrfaglig modell, samt koordineringen av fagmodeller. Flere av de intervjuede mente også at 3D-fagmodeller var en berikelse av et hvert prosjekt, der man så gevinsten med en gang, kontra vanlige 2D-tegninger.

5.1.2. Kjennskap til AR

Det varierte litt hvor godt deltakerne kjente til begrepet AR, to av intervjuobjektene hadde brukt AR-verktøy selv i samferdselsprosjekter, mens en hadde sett det på et seminar for samferdsel. Den siste hadde kun hørt om det, men i andre sammenhenger.

Alle intervjukandidatene var godt kjent med bruken av AR i andre sammenhenger, som for eksempel Snapchat og andre sosiale medier.

5.1.3. Kjennskap til VR

Siden VR er ganske beslektet av AR, ville jeg undersøke hva intervjukandidatene kunne om VR, og hva de mente om bruk av det i reguleringsplanlegging for samferdselsprosjekter.

Alle fire hadde prøvd VR for samferdsel, både på eget kontor og ulike konferanser. To av de hadde god kjennskap med produksjon av en VR-modell, og var relativt godt kjent med både utstyret og produksjonen av VR-modellene. Tre av fire hadde også brukt dette verktøyet i en medvirkningsprosess, der befolkningen og politikere var målgruppen. En av de mente at bruk av VR i reguleringsplanfasen var en berikelse til måten man presenterte prosjekter på.

5.1.4. Kjennskap til reguleringsplanlegging

Reguleringsplanlegging er en planleggingsfase alle fire var godt kjent med, spesielt dette med medvirkning og illustrering av vegtiltaket. To av intervjukandidatene var ofte med og produserte illustrasjonene som ble brukt opp mot befolkningen og politikerne, og erkjente at en god 3D-illustrasjon forklarte ofte mer enn en perm full av tekst og 2D-tegninger. Alle var samstemt i at økt bruk av BIM i reguleringsplanlegging økte kvaliteten og reduserte konflikter.

5.1.5. Kjennskap til byggefasen

En av intervjukandidatene sitter ofte ute på anlegg, da som BIM-koordinator og prosjekteringsleder, og har tett kontakt med både byggeledelsen og stikningsingeniørene for både byggherre og entreprenør. De tre andre har god kjennskap til byggefasen.

5.2. AR i reguleringsplanfasen

5.2.1. Potensiale ved AR

Vurdering av ulike alternative vegløsninger er en sak AR kan bidra mye til, der man kan ha med seg flere alternativer av et vegtiltak ut i felt, og så bytte mellom de alternativene for så å se forskjellene på AR-verktøyet. Det er ofte man skal vurdere ulike alternativer i en tidligfase i reguleringsplanen, og da er det en fordel å kunne enkelt visualisere alternativene for å vurdere de opp mot hverandre sier en av intervjukandidatene.

Der en annen sier «I tidligfase-planlegging kan usikkerheten i nøyaktigheten til AR-verktøyene være en fordel, for detaljeringen er ikke helt bestemt, og plasseringen av tiltaket kan endres»

To av intervjukandidatene nevner dette med ressursbruk for å lage en AR-modell. Oppsett av en AR-modell krever i prinsippet kun en fagmodell, resten blir levert av den virkelige verden der ute, dette er en stor besparelse for å kunne illustrere et tiltak. Man slipper den til tider store jobben det er med å modellere opp den virkelige verden, for så å sette inn fagmodeller. Dette verktøyet gjør det enklere og mer realistisk for oss planleggere å kunne se hva man planlegger. Det samme vil gjelde for de som skal ta beslutningene, de får et produkt de kan ta med seg på sin mobiltelefon/iPad og mulighet å se skala, størrelse, avstander og mye mer, på egen hånd.

En av intervjukandidatene opplever ofte at det ikke kommer så mye tilbakemeldinger fra grunneiere og befolkningen når tidspunktet er klart for det. Han tror AR kan bidra til å øke deltakelsen, ved at folk kan gjøre seg opp en mening i fred og ro hjemme hos seg selv, med en AR-modell fremfor seg, og kanskje diskutere dette sammen med naboer/familie. Forståelsen av vegtiltaket tror han kan øke ved bruk av AR.

Å få en medvirkning og en deltakelse fra et større spekter av befolkningen enn i dag er også et potensial med AR. Medvirkningen i slike planprosesser er ofte utelukkende fra eldre og godt voksne folk, men vi savner deltakelse fra den yngre generasjonen. Ved bruk av AR-verktøy, og kanskje til og med interaktive AR-verktøy, der man kan komme med tilbakemeldinger og synspunkter rett i verktøyet. Dette tror en av intervjukandidatene kan være et stor potensiale for bruk av AR i reguleringsplanfasen.

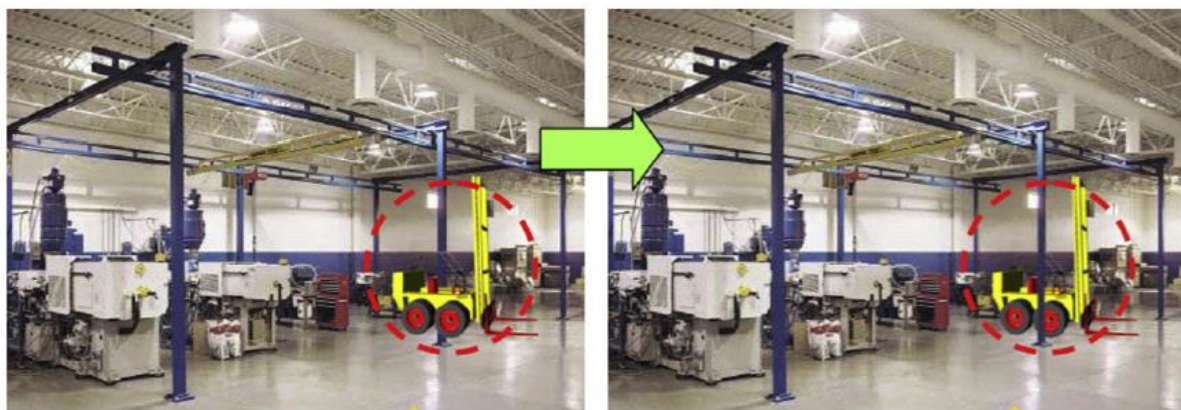
Flere av intervjukandidatene har tatt opp dette med potensiale for de som planlegger og prosjekterer vegprosjekt, der AR kan ha en stor nytte for selve planleggingen. De mener det ligger et potensiale i å bruke AR for å avdekke feil og mangler i planleggingen, der man kan kontrollere det planlagte opp mot virkeligheten. Stemmer det man planlegger eller må det justeres eller flyttes på?

Det ble også tatt opp tema med trafiksikkerhetsinspeksjoner- og revisjoner, «*Formålet med trafiksikkerhetsrevisjoner (TS-revisjoner) og trafiksikkerhetsinspeksjoner (TS inspeksjoner) er å sørge for at nye og eksisterende veg- og trafikksystem utformes eller utbedres i henhold til gjeldende krav, slik at det ikke oppstår ulykker med drepte eller hardt skadde trafikanter.*» (vegvesen, 2019c) s 5). At man kan bruke AR-verktøyet ute på eksisterende veganlegg for inspeksjon av nye objekter i eksisterende trafikkbilde, der man kan «fysisk» se om det nye kommer i konflikt med noe av det eksisterende, med tanke på trafiksikkerhet. Et eksempel er hvis man skal bygge et rekkverk, så kan man ta inn 3D-fagmodell av det rekkverket, og gå ut på veganlegget og se om det kommer i konflikt med innkjørsler, at det er korrekt avsluttet, at det er i tilpasset situasjonen ute i virkeligheten.

5.2.2. utfordringer ved AR

To av intervjukandidatene var veldig opptatt av hvis det blir lansert et AR-system som gjør at folk kan bruke sin egen mobiltelefon/nettbrett hjemme, for å se vegtiltaket, så må det fungere fra første stund. Det er ofte slik at når det ikke fungerer første gang man prøver noe nytt, så kan det gjøre at folk blir veldig negativ til vegtiltaket, uten å ha sett det. De samme intervjukandidatene tok også opp dette med at AR-systemet må være robust og oppdatert, at det man ser på mobiltelefonen/nettbrett er korrekt.

Dette med at nøyaktigheten ikke god nok, uten at det er informert om det, slik at de som bruker AR-systemet tror at noe er korrekt, når det ikke er det, er også en utfordring ifølge en av intervjukandidatene. Det vil være særdeles uheldig om det er fattet en beslutning/mening på noe som ikke er korrekt.

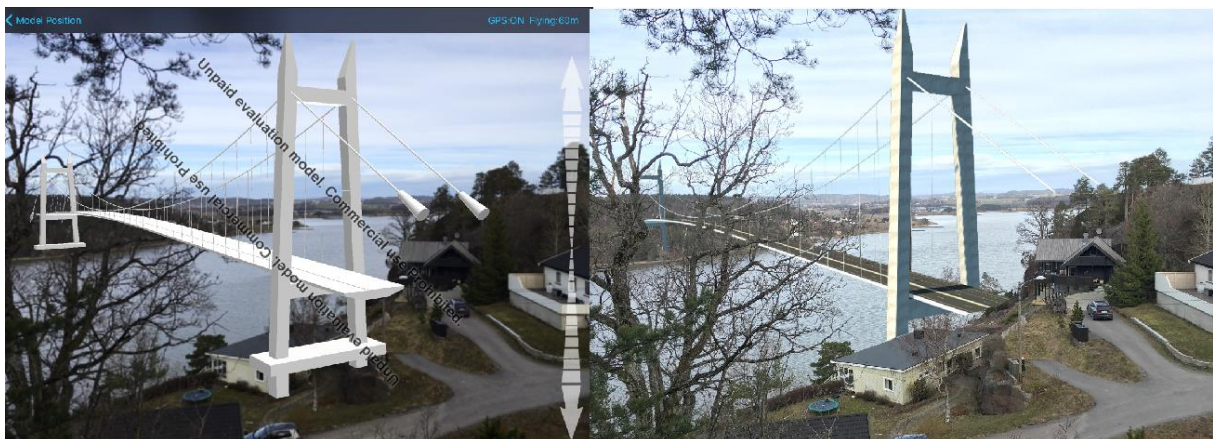


(a) Incorrect Occlusion

(b) Correct Occlusion

Figur 23: utfordringer med å få AR-systemet til å forstå den virkelige verden mot den virtuelle. (Kilde: (Behzadan, Dong og Kamat, 2015))

En utfordring som ble tatt opp av to av intervjukandidatene handlet om at den AR-systemet må tilpasse den virtuelle modellen mot den virkelige verden. Hvis man står på feil plass, så må AR-systemet forstå at den virkelige verden skal være i front i visse partier, mens andre deler av AR-modellen skal vises som den er, se Figur 23 og Figur 23 for eksempel. Man må ha fritt innsyn til hele området som modellen skal dekke, objekter kan ikke befinne seg bak horisonten, det er ikke verktøyene smarte nok til å forstå. Slik som vist på Figur 24, der bildet til venstre viser at AR-systemet ikke forstår at bru-fundamentet skal være bak terrenget, slik som det fotomanipulerte bildet til høyre viser.



Figur 24 viser til venstre AR-modell og høyre et fotomanipulert bilde (Kilde: Raunholm, 2019)

5.3. AR i Byggefase

5.3.1. Potensiale ved AR

Flere av intervjukandidatene hadde synspunkter på dette med kollisjonskontroll og kvalitetskontroll, det er noe som er utrolig viktig for et prosjekt, både for å sikre en god leveranse og produkt, men også for å holde endringskostnadene nede. Ved bruk av 3D-fagmodeller i et AR-verktøy kan man i tillegg til den visuelle kvalitetskontrollen, utføre en AR-kontroll, der de ulike fagdisiplinenes fagmodeller blir sjekket opp mot hverandre, i felt. Dette er kanskje mer som et supplement til dagens kvalitetskontroll, men allikevel en ekstra mulighet å oppdage feil og mangler sier en av intervjuobjektene. Dette gjelder også for kollisjonskontroll opp mot eksisterende objekter som befinner seg innenfor prosjektet, det kan være snakk om kummer, ledninger, master, bruer, kulvert, hus, etc.

En av intervjukandidatene nevner dette ned logistikk-planlegging på byggeplass som en prosess som kan forbedres og effektiviseres ved bruk av AR. Byggeplasser er ofte trange, i byer med hus og andre saker tett på anlegget. Dette medfører at man trenger en plan på hvor man kan sette utstyr, som for eksempel brakkerigger, veg utstyr, maskiner og andre store objekter som er vanskelig å flytte på. Man kan da bruke AR der man har 3D-fagmodellene lagt inn, og så kan man se ute i felt hvor det er gunstig og ugunstig å plassere utstyr. Dette kan spare mye tid, plunder og heft for entreprenører.

Intervjukandidatene hadde flere ulike meninger om hvilke fordeler man kunne dra ut av bruk av AR, der en sa «Fordeler med AR er at det er et biprodukt av BIM, så jo bedre BIM-rutinene og modellene er, desto bedre vil AR modellen være. Dette forutsetter at AR-verktøyene blir mer nøyaktige og enkle i bruk» En god 3D-modell på en pc skjerm er fortsatt i 2D, det er først når du får det i AR/VR at man virkelig klarer å se størrelse og skala på ting, er det en som sier.

5.3.2. utfordringer ved AR

Flere av intervjukandidatene mente at nøyaktigheten til AR-verktøyene i dag har en alt for stor unøyaktighet, med tanke på posisjonen og GPS-plasseringen av 3D-objektene, og at det er en av årsakene til bruken er så lav. Det i kombinasjon med at det pr i dag ikke finnes så mange AR-verktøy som er egnet for samferdselsbransjen gjør at det ikke er et så reelt alternativ å bruke i planlegging av vegprosjekter.

En av intervjukandidatene mente at det også er en ulempe at utstyret som har den nøyaktigheten man behøver, ofte ligger på et prisnivå at det kun er de største firmaene som har mulighet å kjøpe dette. Dette medfører at forbrukerne og befolkningen ikke har mulighet å ta i bruk et slikt utstyr. Det må være tilgjengelig på mobiltelefoner/nettbrett for at det skal gi en medvirkningseffekt. Men for Statens vegvesen så er nok ikke dette med pris en så stor faktor, da vi er en så stor organisasjon og har så mange prosjekter å bruke dette utstyret på, at kostnaden uansett kjøpt vil være tjent inn.

En annen utfordring som ble omtalt av en av intervjuobjektene var dette med når vegtiltaket ligger i en skjæring, altså når vegen skal graves ut og befinner seg under bakken. Det kan være litt vanskelig å få det illustrert på en god måte, slik at det vises at det ligger lavere enn terrenget.

6. Diskusjon

I dette kapitlet vil jeg vil bruke problemstillingen som ble satt i kapittel 1.5, for å diskutere resultatene fra kapittel 5. Det vil også bli relatert til litteratur, tidligere forskning og teori som er presentert i kapittel 2. Formålet er å belyse de problemstillingene som er satt tidligere. Kapitlet er bygd opp på samme måte som resultatene, som baserer seg på oppgavens problemstilling.

Problemstillingen:

Hvordan kan utvidet virkelighet (AR) benyttes i vegprosjekter i dag?

For å besvare disse forskningsspørsmålene:

- Hvilket potensiale har AR, hva kan det tilføre vegprosjekter?
- Hvilke utfordringer er det med bruk av Utvidet virkelighet (AR)?
- Hvilke tiltak må på plass for å ha best nytte av AR?

6.1. AR i reguleringsplanfasen

Pr dags dato finnes det veldig få AR-verktøy som er spesielt utviklet og laget for samferdselsbransjen og dens behov. AR i samferdselsbransjen er i en veldig tidlig fase, og AR-teknologien er spådd av (DigitalNorway, 2018) å være en av Norges 16 mest ettertraktede teknologier fremover.

I denne fasen er BIM og 3D-modeller veldig utbredt, for eksempel som kommunikasjonsverktøy innad i planleggingen av vegprosjekter, der en BIM-modell brukes som diskusjonsgrunnlag og kollisjonskontroll. Men også utad mot befolkningen, i folkemøter og i sosiale medier. Stillbilder, video og VR-modeller brukes også for medvirkningens del. Det er også brukt mot politikere, slik at de har best oversikt over hva som er planlagt. Alle intervjukandidatene nevner dette med utstrakt bruk av BIM-modeller i reguleringsplanfasen som en gevinst. Det samme sier teorien, bruk av BIM-modeller har blant annet disse effektene, ifølge (Thorsen og Tøndel, 2013). Reduserer kostnader og feil.

- Mer fokus på fag i prosjekteringen, det vil si en bedring av 3D-fagmodellene, som videre brukes i AR-verktøyene.
- Bedre kommunikasjon i tidlig planfase.
- Bedre grunnlag for analyser i tidlig planfase.

Når bruk av BIM i reguleringsplanfasen genererer disse effektene, så kan man anta at bruk av AR i hvert fall kan videreføre dette.

6.1.1. Potensiale ved AR

Potensialet til AR i reguleringsplanfasen blir beskrevet her basert på intervjukandidatenes erfaringer med BIM, VR og AR i denne planfasen, sammen med teorien på området. Det som har størst potensiale er dette med **økt forståelse** av et vegprosjekt, der befolkningen ved bruk av et slikt verktøy, kan stå i egen hage å se hvordan vegtiltaket vil bli. Det finnes ikke mye spesifikt litteratur på om AR kan bidra til økt forståelse, men man ser hvordan BIM-modeller og VR (Samferdselinfra, 2018) har bidratt til å øke forståelsen for samferdselsprosjekter.

Det jeg har erfart er ganske likt det intervjukandidatene mener, at det er potensiale for økt forståelse av vegprosjekter i reguleringsplanfasen ved bruk av AR. Både AR og VR er delvis biprodukter av BIM, og der VR har hatt en effekt, kan man også anta at AR kan

bidra på samme måte. Men man kan ikke forskuttere disse effektene, og noe av det som kan gjøre at disse effektene uteblir er problemet med at med AR, så må man ut der veganlegget er planlagt. Hvis vegprosjektet er langt fra folk, eller i veldig ulendt terreng, så kan det være vanskelig å få brukt dette verktøyet.

Intervjukandidatene snakket også om at dette kan bidra til å redusere frykt og usikkerheter med tanke på beboere/politikere om hvordan vegtiltaket vil se ut. Dette med forståelse av prosjektet for de som er med i planleggingen av prosjektet er også et tema intervjukandidatene tar opp. De mener det er en berikelse for prosjektet å få flere verktøy å spille på. Det gir oss flere måter å vise hva som er planlagt, både innad i planleggingsgruppen, men også mot utenforstående.

Økt medvirkning er også et potensiale som kommer frem under intervjuene, at det i dag oppleves som tilbakemeldingene/innspill ofte uteblir, og at medvirkning og nesten kun kommer fra en eldre generasjon. Hvis man klarer å utvikle et AR-verktøy som kan brukes på en mobiltelefon, så kan man i hvert fall tenke seg til at medvirkning blant de unge vil øke. I følge intervjuer utført i en tidligere masteroppgave, kan det tyde på at ungdommer foretrekker grafiske fremstillinger, på enkle måter, gjerne på sosiale medier og internett.(Åsbakk, 2018a)

«Tror dere det kunne være aktuelt for dere å stille på et folkemøte?»

Nei. Deltakerne er enig i at dette ikke oppleves som særlig aktuelt for de fleste ungdommer.

Sammenlignet med tradisjonelle presentasjonsformer; Kan visualiseringer delt på internett og sosiale medier bidra til økt deltakelse og bedre representativitet i medvirkningsprosesser i byplanlegging?

Ifølge mine resultater er svaret: Ja, til en viss grad.» (Åsbakk, 2018b, s. 65)

Her er teorien og resultatene mine samstemte. I hvert fall når det kommer til hvordan man kan få økt medvirkning blant ungdom. De er mer teknisk anlagt, og er på internett store deler av dagen (Bufdir.no, 2017). Derfor bør også medvirkningen legges til rette for at de kan bidra via sine plattformer, som mobiltelefonen og internett. Medvirkningen bør også foregå på den ordinære måten, slik at man ikke mister de som foretrekker den vanlige måten å medvirke på.

Andre potensielle gevinster med AR er kvalitetskontroll og reduksjon av feil i planleggingen. Der BIM-modeller brukes for prosjekteringen og kontroll av prosjekteringsfeil, kan AR brukes for en kvalitetskontroll av fagmodellene opp mot den virkelige verden, og elementer som det kan være konflikter med.

Intervjukandidatene tar også opp dette med **kostnadsreduisering** i planleggingen. Siden AR er et biprodukt av BIM, der AR-modellene hentes ut fra en BIM-modell, så kan man med stor sannsynlighet si at en bedre BIM-modell vil gi en bedre AR-modell. I følge (NHO, 2016) som har utført en rapport på «Årsaker til kostnadsøkninger i norske vegprosjekt», så er dette med mangelfull kunnskap en årsak i kostnadsøkning. «Når man noe senere i planleggingen kan gjøre grundigere utredninger, oppdages problemer og forhold som gjør prosjektet dyrere. Generelt viser dårlig grunnlag seg i å ende med tillegg, endringer eller omprosjektering, som kan bli svært kostnadsdrivende.» (NHO, 2016, s. 3).

Dårlig grunnlag og mangelfull kunnskap gir en dårlig BIM-modell, og dette gir økte kostnader. Både intervjuobjektene, min egen erfaring og ved den utførte testingen av AR-verktøy i forkant, kan man oppdage forhold som kan være kostnadsdrivende. Dette vil føre til en bedre AR-modell som igjen vil føre til en bedre BIM-modell for bruk i videre

planlegging og bygging. I følge (Kumaran, Santhi og Anand, 2007) så mente de når AR virkelig får sitt gjennomslag, så vil det medføre en reduksjon i kostander, tid og ressurser.

6.1.2. Utfordringer ved AR

Nøyaktigheten er et ankepunkt for denne teknologien, det er noe som både jeg selv erfarte under testingen, teorien støtter og intervju kandidatene selv påpekte. Det må utvikles et godt AR-verktøy, som har godt nok nøyaktighet, enkel brukervennlighet og lav kostnad. De to AR-verktøyene som jeg testet viste at nøyaktigheten avgjøres av bruken, hvilken fase man er i avgjør hvor nøyaktig AR-systemet behøver å være. Det kan godt fungere bra i en fase med en nøyaktighet på 1m, mens i byggefasen må det ned på cm, kanskje mm i noen tilfeller.

Hvis man beslutter bruke en AR-modell til befolkningen i prosjekter, der de kan stå hjemme i egen hage og se vegtiltaket på egen telefon/nettbrett, da må systemet fungere fra første stund. Det kan ikke være tvil om hva som vises, det må være kvalitetssikret og **robust** fra begynnelse til slutt. Intervjuobjektene sier dette er noe de tror vil komme, men man må være sikker på at systemet fungerer, for å ikke skape mer usikkerhet og misforståelser i planleggingen av prosjektet. Min erfaring fra reguleringsplanlegginger stemmer overens med denne utfordringen, at man skal være sikker på at et nytt system fungerer 100% før man kan gi det ut til befolkningen. Det skaper ofte mer usikkerhet enn nytte hvis det ikke fungerer, og det kommer gjerne en skepsis til prosjektet sammen med usikkerheten.

Brukervennligheten til AR-systemet er også en utfordring som jeg erfarte varierte en del. Dette gjelder for alt av programmer og utstyr man bruker, og AR-verktøy er intet unntak. Det jeg opplevde var jo mer teknisk og nøyaktig utstyret var, jo dårligere var brukervennligheten. Det var adskillig mer vanskelig å få inn en 3D-fagmodell i et system som var veldig nøyaktig. Det må utvikles enkle programmer, med høy nøyaktighetsgrad er det en intervju kandidat som sier. «*For å få en større bruk av AR i samferdsel må det være mulig for flere enn de med 5års geomatikk og ingeniør-teknisk kompetanse til å bruke det*» er det en av intervjuobjektene som sier. Dette går igjen i mine egne erfaringer, det må være enkelt nok til at alder og grad av teknisk innsikt ikke spiller noe rolle.

6.2. AR i byggefasen

Denne fasen i et vegprosjekt er preget av nøyaktighet, kostnader og dårlig tid. Det er som mål i Statens vegvesens håndbok V770 og redusere kostnadsdrivende feil i byggefasen (vegvesen, 2015c). Arbeidet for å redusere kostnadsdrivende feil i byggefasen gjøres lenge før man kommer dit.

Byggefasen har noen andre utfordringer enn reguleringsplanfasen, og mange av disse utfordringene handler om hvordan man bygger de 3D-objektene som har blitt prosjektert i tidligere faser. I denne fasen kan man bruke AR-verktøy for å kontrollere, kvalitetssikre og måle inn og sammenligne det som er bygd, sammen med det som er planlagt.

Utstyret som finnes i dag for denne planfasen er fortsatt i prototype-stadiet, men det er mulig å bruke i byggefasen. Dette utstyret har også en medfølgende målestav, slik at bruken ute i felt kan kombineres med innmålinger direkte i utstyret.

6.2.1. Potensiale ved AR

Et av potensialet til AR i byggefasen er ifølge intervjuobjektene dette med feilbygging, eller objekter som er plassert feil. Det kan være mange årsaker til dette, men noe av dette kan unngås ved bruk av AR på byggeplassen. Ved å aktivt bruke et AR-system, enten i form av et nettbrett som en kontrollingeniør bruker, eller et «Heads up display» HUD som gravemaskinføreren benytter. Slik kan man ha kontroll over alle 3D-fagmodellene i felt, og se hva som skal bygges hvor. En av intervjukandidatene sa «*Det er billigere å gjøre feil i bits og bytes, enn i stål og betong*». Ved å **redusere byggefeil**, så reduserer man også kostnader, og i denne fasen av et vegprosjekt, er det veldig fokus på kostnader. Her har intervjukandidatene samme oppfatning som meg, at det er mulighet å bruke AR på byggeplassen for å redusere byggefeil. I følge Morten André Helland i Structor Oslo AS, så er kommunikasjon avgjørende for å unngå byggefeil. Og ved bruk av AR, så kan man kommunisere hva som er tenkt bygd, før det bygges.

«Sett fra mitt ståsted som prosjekterende, er i hvert fall første bud for å unngå byggefeil og ekstra kostnader på byggeplass at vi klarer å kommunisere produksjonsunderlaget (referanser, tegninger, beskrivelser osv) til entreprenøren på en enhetlig og fullstendig måte.» (Helland, 2015)

Forståelsen av hva som skal bygges mente intervjukandidatene også var et potensiale med AR, at det kan bidra til å skape en større forståelse for hvordan dette skal bygges, og hva som skal bygges. I dag brukes tverrfaglige modeller eller presentasjonsmodeller for orientering og en virtuell befaring, men kan tenke seg at AR også kan brukes, ute på anlegg for en befaring og inspeksjon. En av intervjuobjektene sier «*Det er mye enklere å se størrelsen og skala på objekter ute i felt, enn på en 2D-skjerm inne på et kontor.*» Det er også min erfaring, ting har en tendens til å bli mye større ute i felt enn på en dataskjerm.

Intervjukandidatene har også nevnt dette med **kollisjonskontroll** og kontroll opp mot objekter i den virkelige verden. AR kan være et verktøy som kan brukes for kontroll mot elementer som finnes ute i virkeligheten. Når man prosjekterer et veganlegg, er det fort å ikke få med seg alt som finnes ute i virkeligheten, det kan være mye under bakken man ikke har kontroll over, eller objekter som ikke er målt inn og tatt hensyn til i prosjekteringsfasen. Både intervjukandidatene og min erfaring tilsier at det kan være en mulighet å bruke AR for en slik visuell kollisjonskontroll opp mot virkeligheten, da feil kan oppdages tidlige, og man kan unngå store overraskelser og overskridelser.

Når et byggeprosjekt starter opp, er det mye utstyr, maskiner, personell og mye annet som skal inn på et ofte begrenset areal. Noe intervjukandidatene mente AR kunne hjelpe

til er dette med **logistikk planlegging**. Man kan bevege seg ute i felt, og legge inn 3D-fagmodellene for å kontrollere hvor man skal og ikke skal plassere utstyr og maskiner, slik at man ikke må stoppe driften av anlegget for å flytte på store brakkerigger og annet utstyr, fordi det ligger i vegen for noe som skal bygges.

6.2.2. utfordringer ved AR

Nøyaktighet er også en utfordring i denne fasen. Dette er en fase der nøyaktighet er en nødvendighet. Her skal objekter bygges, støpes, fylles og plasseres ut med millimeter presisjon, og da kan det ikke være store rom for unøyaktighet. Erfaringen fra testperioden viste også nødvendigheten med god nøyaktighet, både for selve byggingen men også for AR-verktøyet. Man kan ikke kontrollere noe som er bygd med god nøyaktighet, med et AR-verktøy som ikke har den samme nøyaktigheten. Statens vegvesen Håndbok V770 beskriver kravene til nøyaktighet for de forskjellige fasene av et vegprosjekt, både for 3D-fagmodellene og grunnlaget det er planlagt på. Intervjukandidatene har også poengtert at nøyaktigheten må følge planfasen, der reguleringsplanfasen har et lavere krav til nøyaktighet enn byggefasen. Dette er etter min egen erfaring en god måte å løse krav om nøyaktighet på, la det følge planfasen man er i.

En utfordring som kom opp både i teorien (Behzadan, Dong og Kamat, 2015) og i intervjuene, var dette med at AR-systemet må bli smartere. Det må kunne forstå når den virtuelle modellen skal bak det virkelige terrenget. Det samme gjelder når vegen ligger i skjæring, under bakken, der har AR-verktøyene forbedringspotensialer.

6.3. Hvilke tiltak må på plass for å ha best nytte av AR?

Selve AR-verktøyet er selvfølgelig en stor premisse for å lykkes med bruk av utvidet virkelighet i vegsektoren. Verktøyet må være tilpasset planfasen man skal bruke det i, der reguleringsplanfasen tillater større grad av unøyaktighet av 3D-objektene, krever byggefasen stor **nøyaktighet** for å oppnå nytte av utvidet virkelighet.

Brukervennlighet er bestandig en faktor for at ett hvert nytt system og verktøy skal fungere fra første stund. Det jeg erfarte under testperioden var at det AR-verktøyet som var enklest i bruk, var det AR-verktøyet som ble brukt mest.

Pris er en viktig faktor, siden det skal kunne brukes av befolkningen for medvirkning i en reguleringsplanfase, og det skal kjøpes inn av entreprenører og konsulenter for bruk i byggefase. Det vil nok ikke være samme AR-verktøy, men pris har en innvirkning uansett hva og hvem som skal bruke dette.

6.4. Oppsummering og konklusjon

Det er i denne studien sett på hvordan utvidet virkelighet, AR, kan benyttes i vegprosjekter. Det er fokusert på bruken til AR i regulering- og byggefasen.

Det er benyttet en kvalitativ forskningsmetode i denne masteroppgaven, og det er utført tester av 2 ulike AR-verktøy, både for å generere innhold til intervju, men også for egen erfaring og utvikling. Intervju ble utført for å skaffe nok datagrunnlag for diskusjon.

Det er formulert tre forskningsspørsmål som skal besvare denne problemstillingen.

- Hvilket potensiale har AR, hva kan det tilføre vegprosjekter?
- Hvilke utfordringer er det ved bruk av utvidet virkelighet (AR)?
- Hvilke tiltak må på plass for å ha best nytte av AR?

Testresultatene i denne oppgaven har resultert i en konklusjon om at dagens AR-verktøy fungerer til dels, men det er store utfordringer med nøyaktighet og brukervennlighet på disse verktøyene. Resultat fra intervjuene sier at det er stort potensiale i bruk av AR, der reguleringsplanfasen har stort potensiale i økt medvirkning, økt forståelse av prosjektet og en kostnadsreduksjon i planleggingen. Mens det i byggefasen er potensiale for å redusere byggefeil, oppdage kollisjoner mellom 3D-fagmodeller og den virkelige verden samt logistikk planlegging. Nøyaktighet og brukervennlighet er også en stor utfordring for AR-verktøy i denne fasen.

Tiltakene som må på plass for å ha best nytte av utvidet virkelighet i vegprosjekter er at verktøyene som skal brukes, må velges ut fra den nøyaktigheten og brukervennligheten man behøver. Til en reguleringsplanfase trenger man ikke like høy nøyaktighet, men brukervennligheten må være høy. For byggefasen er nøyaktighet et viktig premiss. Brukervennligheten behøver nødvendigvis ikke være så høy, da det er teknisk kompetente fagpersoner i denne fasen.

Basert på funnene i denne oppgaven så vil jeg presentere noen forslag til videre forskning innen emnet AR, utvidet virkelighet. Dette er forslag som dukket opp mens jeg jobbet med denne masteroppgaven, og forslag jeg mener kan være verdt å se på videre.

- Bruk av utvidet virkelighet med AR-briller i samferdsel.
 - Bruk av AR med briller som gir dybdesyn/"split vision" av 3D-fagmodellene.
 - Det er først ved bruk briller/to skjermer med dybdesyn man ser fagmodellen i 3D i et AR-verktøy. En VR-brille med AR-muligheter.
- Se på bruk av AR med drone
 - Utforske om det er nyttig og mulig å bruke AR-verktøyet på en drone, med eventuell «Live» visning av resultatet ned på nettbrett.
- Utvikling av AR-verktøy spesialisert for samferdselsbransjen
 - Dette er nok et tema mer vinket for programvare- og maskinvarefirma.

7. Referanser

- Behzadan, A. H., Dong, S. og Kamat, V. R. (2015) Augmented reality visualization: A review of civil infrastructure system applications, *Advanced Engineering Informatics*, 29(2), s. 252 – 267. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.03.005>.
- Behzadi, A. (2016) *Using Augmented and Virtual Reality Technology in the Construction Industry*.
- Bufdir.no (2017) *Barn og unges tidsbruk på internett og sosiale medier*. Tilgjengelig fra: https://www.bufdir.no/Statistikk_og_analyse/Oppvekst/Fritid/Barn_og_unges_mediebruk/ (Hentet: 0105 2019).
- Cobuilder (2018) *Den digitale tvilling*. Tilgjengelig fra: <https://cobuilder.com/nb/den-digitale-tvillingen-broen-mellom-den-fysiske-og-den-digitale-verden/> (Hentet: 2204 2019).
- Dalland, O. (2007) *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 4. utg. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.
- DigitalNorway (2018) *Tommel opp for Norges nye veikart*. Tilgjengelig fra: <https://digitalnorway.com/norges-nye-digitale-veikart/> (Hentet: 2204 2019).
- Dwarf design (2017) Redusere polygoner (s. viser forskjell når man reduserer antall polygoner på en 3D-modell). (Hentet: 020319).
- Emborg, J. S. og Sekse, M. (2018) *New study: Virtual Reality may unlock savings in complex infrastructure and construction*. Tilgjengelig fra: <https://www.cowi.com/insights/virtual-real-may-unlock-savings-in-complex-infrastructure-and-construction> (Hentet: 0703 2019).
- Glad, T. og Svaland, Ø. (2019) Forskjeller mellom VR, AR og MR. (s. forskjeller mellom VR, AR og MR.). Stikningskonferansen 2019.
- Godager, B. (2019) Kostnader forbundet med endring (s. Kostnader forbundet med endring). Buildingsmart.no. Tilgjengelig fra: https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2016_ntnu_gjovik_ars_studium_bjorn_solberg_ahus-bim_av_eksisterende_bygg.pdf.
- Google (2017) Google glass. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=JhCOqAMuegk>.
- Helland, M. A. (2015) *Rådgivere og entreprenører bør kommunisere bedre*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1225496> (Hentet: 0104 2019).
- Jacobsen, D. I. (2005) *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* Kristiansand: Høyskoleforl.
- Johannessen, A., Christoffersen, L. og Tufte, P. A. (2010) *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. 4. utg. utg. Oslo: Abstrakt.

- Kim, J.-L. (2012) Use of BIM for Effective Visualization Teaching Approach in Construction Education, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 138(3), s. 214–223. doi: 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000102.
- Kjems, E. og Hedegaard, H. L. (2017) Augmented Reality On-site: Aalborg University. Tilgjengelig fra: http://think-spatial.org/subsurface/Resources/ARkit_onstie_Enschede_27_11_2017_Lasse_HH_Erik_Kjems.pdf (Hentet: 070319).
- Kjems, E. og Hedegaard, H. L. (2018) Augmented Reality er kommet til vejsektoren. <http://asp.vejtid.dk/Artikler/2018/08/9029.pdf>. Tilgjengelig fra: <http://asp.vejtid.dk/Artikler/2018/08/9029.pdf>.
- Kogan (2019) HUD. Tilgjengelig fra: <https://www.kogan.com/au/buy/obdii-car-head-display/>.
- Kommunal_og_moderniseringsdepartementet (2009) *Høring og offentlig ettersyn*. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/no/dokument/dep/kmd/veiledninger_brosjyrer/2009/lovkommentar-til-plandelen-i-/kapittel-5-medvirkning-i-planleggingen-/-5-2-horing-og-offentlig-ettersyn/id556756/ (Hentet: 28.02.19).
- Kumaran, G. S., Santhi, K. og Anand, P. M. (2007) *Impact of Augmented Reality (AR) in Civil Engineering*.
- Madhavan, G. (2015) *Think like an engineer*. Oneworld Publications.
- McKinsey&Company (2016) *Imagining construction's digital future*. Tilgjengelig fra: https://www.mckinsey.com/~/_/media/McKinsey/Industries/Capital%20Project%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/Imagining%20constructions%20digital%20future/The-construction-industry-is-ripe-for-disruption-infographic.ashx (Hentet: 050419).
- Microsoft (2019) Hololens.
- Mikkelsen, Ø. (2016) FORSKNINGSETISKE RETNINGSLINJER FOR NATURVITENSKAP OG TEKNOLOGI, i teknologi, D. n. f. k. f. n. o. (red.). Tilgjengelig fra: https://www.etikkom.no/globalassets/documents/publikasjoner-som-pdf/60124_fek_retningslinjer_nent_digital.pdf (Hentet: 01.03.19).
- Moeggen, T. (2018) *Tommel opp for Norges nye veikart*. Tilgjengelig fra: <https://digitalnorway.com/norges-nye-digitale-veikart/> (Hentet: 2204 2019).
- NHO (2016) Årsaker til kostnadsøkninger i norske vegprosjekt. Tilgjengelig fra: <https://www.nho.no/contentassets/cabe412197dd4304a9970bc2c51a6798/norconsult-rapport-nho.pdf> (Hentet: 010419).
- Nilssen, V. L. (2012) *Analyse i kvalitative studier : den skrivende forskeren*. Oslo: Universitetsforl.

- NTNU (2018) *Kildekritikk*. Tilgjengelig fra: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder#section-Finne+kilder-Hvordan+v%C3%A6re+kildekritisk?> (Hentet: 29.03 2019).
- NTP (2002) *Faglig grunnlag for nasjonal transportplan*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntp.dep.no/Forside> (Hentet: 01.02 2019).
- partner, P. (2016) VDC Live. Tilgjengelig fra: <https://www.positionpartners.com.au/product-categories/software/bim-software/viasys-vdc.htm> (Hentet: 01.04).
- Raunholm, M. (2019a) Trimble Sitevision på byggeplass.
- Raunholm, M. (2019b) Lokasjon 1.
- Raunholm, M. (2019c) Lokasjon 2.
- Raunholm, M. (2019d) Lokasjon 3.
- Raunholm, M. (2019e) Trimble Sitevision på Fv311. Presterødbakken testing.
- Regenbrecht, H., Baratoff, G. og Wilke, W. (2005) *Augmented Reality Projects in the Automotive and Aerospace Industries*.
- Reza, A. og Carpenter, J. (2018) Augmented reality on the web, for everyone. Tilgjengelig fra: <https://www.blog.google/products/google-ar-vr/augmented-reality-web-everyone/>.
- Samferdselinfra (2018) *VR gir bedre prosjektering*. Tilgjengelig fra: <https://samferdselinfra.no/artikler/vr-gir-bedre-prosjektering/450052> (Hentet: 01.04 2019).
- Samferdselinfra.no (2018) *Hologram på skinner*. Tilgjengelig fra: <https://samferdselinfra.no/artikler/hologram-pa-skinner/438342> (Hentet: 01.03 2019).
- SeoulSpace (2016) AR Contactlens. Tilgjengelig fra: <http://seoulSpace.com/2016/04/07/samsung-gets-patent-for-ar-contact-lenses/>.
- Shimonti, P. (2018) *BIM adoption around the world: how good are we?* Tilgjengelig fra: <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/> (Hentet: 02.04 2019).
- Sitech (2019) Problemer med "Drifting av 3D-modell".
- Smith, P. (2014) BIM Implementation – Global Strategies, *Procedia Engineering*, 85, s. 482–492. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.575>.
- Standard, N. (u.å.) *Digital byggeprosess og BIM*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/digital-byggeprosess/>.
- Statens vegvesen (2017) *Statens vegvesens virksomhetsstrategi*. Statens vegvesen.
- Statens vegvesen (2018) Planfaser. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/Om+vegprosjekter/Planprosess> (Hentet: 01.03.19).

- Sudman, S. og Bradburn, N. M. (1974) *Response Effects in Surveys: A Review and Synthesis*. Aldine Publishing Company.
- Thorsen, T.-S. og Tøndel, M. (2013) Målbare effekter i modellbaserte vegprosjekter, i, 2013. Vianova systems, Statens vegvesen.
- vegvesen, S. (2014) *Styring av vegprosjekter*. Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2480836/HB-R760-2014-2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Hentet: 01.04.19).
- vegvesen, S. (2015a) *V770 – Modellgrunnlag*. vegvesen.no: vegvesen.no. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/intranett/Etat/Organisasjon/Sentrale+dokumenter/Håndbøker/Etatens+håndbøker> (Hentet: 210319).
- Vegvesen, S. (2015b) *Håndbok V770 – Modellgrunnlag*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/395908 (Hentet: 01.02.19).
- vegvesen, S. (2015c) *V770 Modellgrunnlag*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/prosjektering+og+bygging/prosjektering/Modellbaserte+vegprosjekter/handbok-v770-modellgrunnlag> (Hentet: 0104 2019).
- vegvesen, S. (2018) *Reguleringsplan*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/planlegging/Reguleringsplan> (Hentet: 01.04 2019).
- vegvesen, S. (2019a) Planområdet for Fastlandsforbindelse fra Færder.
- vegvesen, S. (2019b) Fv311 Presterødbakken illustrasjon.
- vegvesen, S. (2019c) *Trafikksikkerhetsrevisjoner og inspeksjoner*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/635063/ (Hentet: 010419).
- wikiwand (2012) Spacial AR. Tilgjengelig fra: http://www.wikiwand.com/en/Projection_mapping.
- Willis, K. (2018) *Augmented reality system lets doctors see under patients' skin without the scalpel*. Tilgjengelig fra: <https://www.ualberta.ca/science/science-news/2018/january/augmented-reality-tech-see-under-skin-without-scalpel> (Hentet: 28.02.19 2019).
- Åsbakk, E. H. (2018a) Betydning av visualisering for medvirkning i samferdsels- og byutviklingsprosjekter: NTNU.
- Åsbakk, E. H. (2018b) Betydning av visualisering for medvirkning i samferdsels- og byutviklingsprosjekter (s. 65): NTNU.

8. Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuguide

Vedlegg 1

Intervjuguide:

Bakgrunnen for dette intervjuet er min erfaringsbaserte masteroppgave i vegteknikk ved NTNU. Der jeg har som tema «Hvordan kan AR (Utvidet virkelighet / Augmented reality) benyttes i vegprosjekter» Dette intervjuet vil være med på danne grunnlaget for mine analyser og resultat for masteroppgaven.

Reguleringsplanfasen er en fase der det skal planlegges og prosjekteres, samtidig som det også skal foregå en medvirkningsprosess, både fra fagfolk, politikere og befolkningen. Og ett av fokusområdene jeg har i denne masteroppgaven er å se om man kan bruke AR (Augmented reality/Utvidet virkelighet) for å få en bedre medvirkning og planlegging. Det andre fokusområdet er å se om det kan være aktuelt å bruke under en byggefase.

Intervjuet er i prinsippet strukturert, men det vil bli lagt vekt på å føre det som en samtale, og la intervjuobjektet utfolde seg i svarene, og det samme hvis noe er uklart og må forklares. Det vil bli tatt opp på lyd, samt ført notater underveis.

I etterkant vil intervjuet bli transkribert og svarene vil bli kategorisert med tanke på spørsmålene.

Innledende spørsmål og tema

Navn, stillingstittel, erfaring

Hva slags erfaring har du med reguleringsplan- og byggefasen?

Hva er din erfaring med fagmodeller?

Hva er din erfaring med tverrfaglig og presentasjonsmodeller?

Hva er din erfaring med BIM?

Hvilke fordeler har du erfart ved bruk av modeller kontra tegninger i en reguleringsplanfase?

Hvilke fordeler har du erfart ved bruk av modeller kontra tegninger i en byggefase?

Nøkkelspørsmål

Hva er din erfaring med VR?

Hva er din erfaring med AR?

Hva tror du om å bruke AR i reguleringsplanfasen?

Hvilke fordeler ser du ved bruk av AR i en reguleringsplanfase?

Både mtp planleggingen?

Og medvirkningen?

Hvilke utfordringer ser du ved bruk av AR i en reguleringsplanfase?

Hva tror du om å bruke AR i byggefasen?

Hvilke fordeler ser du ved bruk av AR i en byggefase?

Hvilke utfordringer ser du ved bruk av AR i en byggefase?

Hva tenker du om dagens AR-verktøy?

Hva tenker du om nøyaktigheten på dagens AR-verktøy?

Hvilke tiltak ser du for deg må være på plass for å kunne benytte AR i reguleringsplanfasen?

Hvilke tiltak ser du for deg må være på plass for å kunne benytte AR i byggefasen?

Slutfase

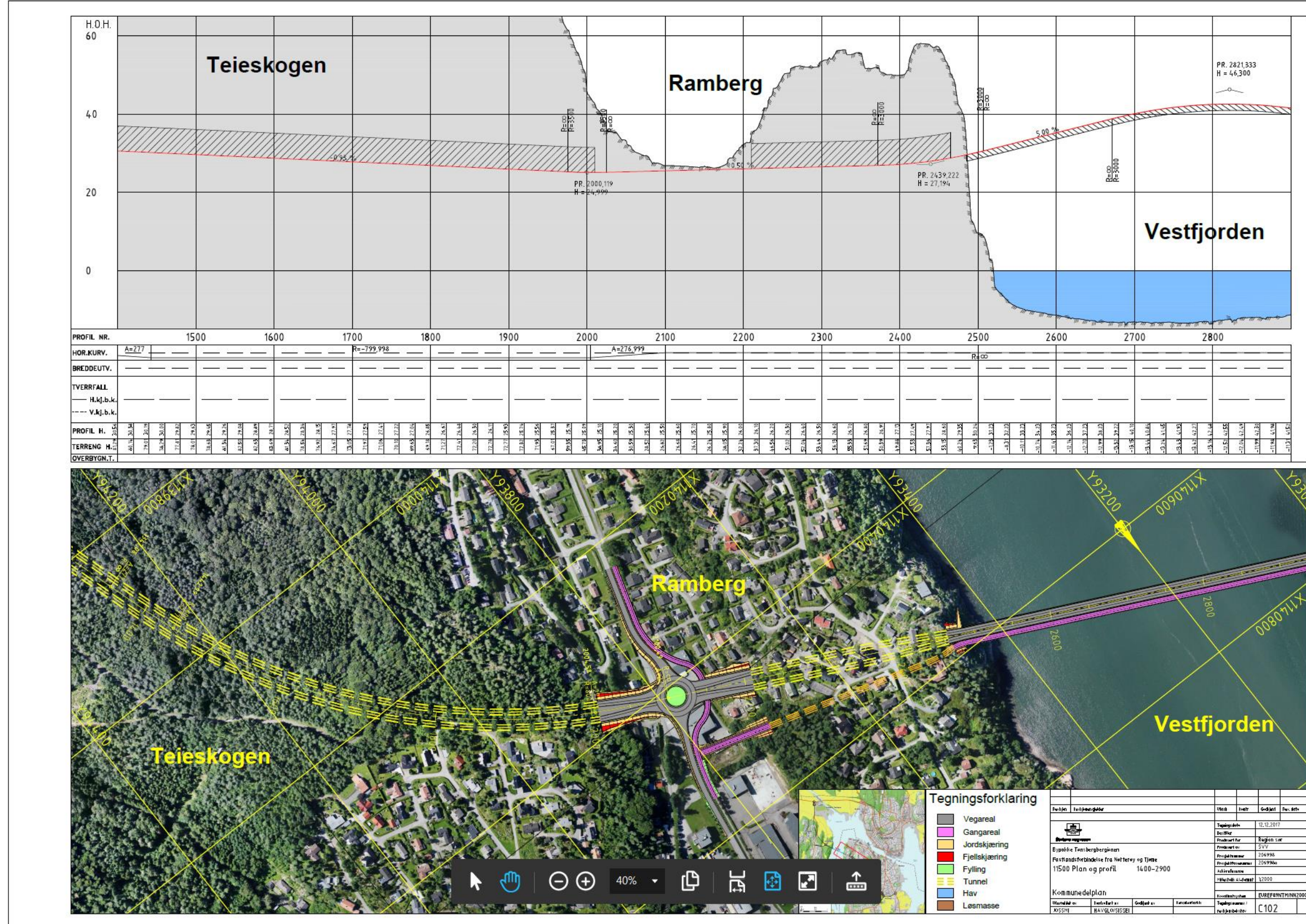
Oppsummering

Har jeg forstått deg riktig?

Noe du vil legge til?

Illustrasjonene er ment for bruk i intervjuene, der deltakerne skal få et bedre inntrykk av hva AR for samferdsel er.

- En standard C-tegning i 2D.



- Dette er en illustrasjon fra en presentasjonsmodell, viser det samme som en C-tegning.



- Viser et utsnitt fra presentasjonsmodellen.



- Viser en presentasjonsmodell av samme området som vist med Trimble Sitevision.



- Viser Trimble sitvision i felt.



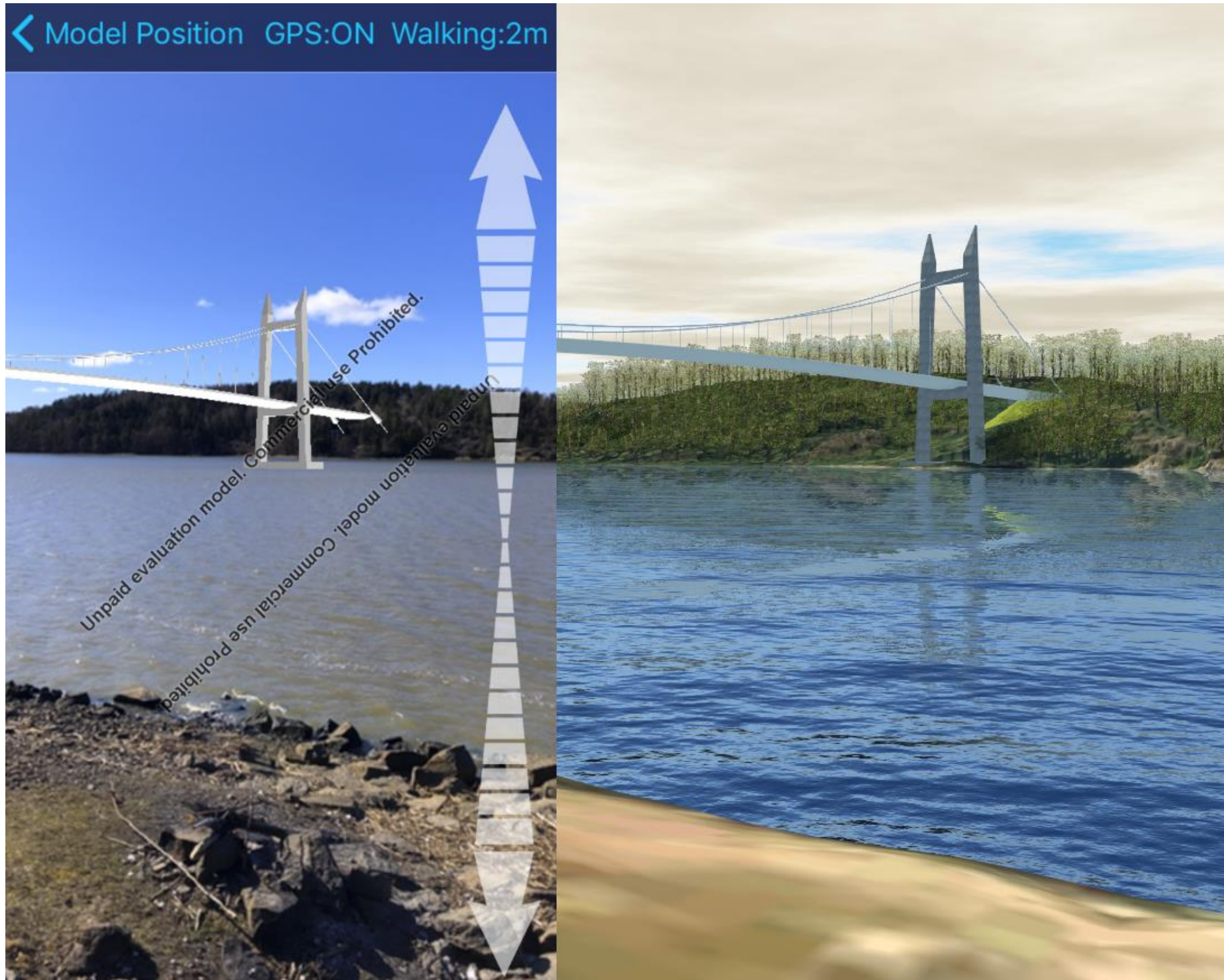
- Viser Trimble Sitevision i felt.



- Viser Timble Sitevision i felt, og utsnitt fra en presentasjonsmodell.



- Viser VDC live i planleggingsfasen.



- Viser VDC live i planleggingsfasen.



Viser Trimble Sitevision ute i byggefasen.

