



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2019 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi

Veileder: Tor Kristian Stevik

En studie av byggenæringens erfaringer med bruk av digitale verktøy

A study of the construction industry's experiences
with the use of digital tools

Eirik Farstad

Industriell økonomi

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved fakultetet for realfag og teknologi ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) våren 2019. Masteroppgaven er utført som et individuelt arbeid med omfang på 30 studiepoeng, og markerer avslutningen på min mastergrad i industriell økonomi.

Oppgaven ville ikke vært mulig å gjennomføre uten hjelp fra sentrale personer og bedrifter. Derfor vil jeg takke:

Veileder Tor Kristian Stevik som har gitt gode og reflekterte tilbakemeldinger gjennom skriveprosessen.

Intervjuobjektene fra Statsbygg, Mest Bygg, Veidekke, PEAB og Rambøll for å være imøtekomende og interesserte i å bidra.

Min eldre bror, Espen, for å ha rensket opp i setninger og kommet med gode innspill.

Min gode venn Bendik som har korrekturlest oppgaven og hjulpet til med kildehenvisninger.

Hannah Penny for å ha oversatt sammendraget til engelsk.

Alle klassekamerater på Indøk som har bidratt til en fantastisk studietid. Spesielt vil jeg trekke fram Truls, Øyvind og Marius. Vi sees på utsiden, som de sier i realityshow.

Ås, mai 2019



Eirik Farstad

Sammendrag

«Det digitale veikartet til byggenæringen» er et overordnet rammeverk for hvordan næringen bør jobbe for å oppnå reduserte byggekostnader, raskere prosjektgjennomføring, effektiv drift og lavere klimagassutslipp. På bakgrunn av veikartet har Statsbygg innført digitale kontraktskrav. Det innebærer at all prosjektering skjer i bygningsinformasjonsmodellen, og all informasjon skal genereres og hentes i bygningsinformasjonsmodellen. Dermed må byggeplassene være papirfri, og entreprenørene må benytte digitale verktøy.

Digitalisering av byggenæringen vekker forfatterens interesse og vil påvirke forfatterens arbeidsdager. På bakgrunn av dette søker masteroppgaven å svare på problemstillingen: *Hvilke erfaringer har byggenæringen så langt med bruk av digitale verktøy?* Problemstillingen blir besvart gjennom tre forskningsspørsmål:

1. Hvilke digitale verktøy benytter byggenæringen?
2. Hvilke utfordringer medfører digitaliseringen?
3. Hvilke gevinster medfører digitaliseringen?

Det ble gjennomført dybdeintervjuer av 13 informanter fordelt på tre ulike byggeprosjekter. Informantenes svar ble også kvantifisert gjennom en spørreundersøkelse om de digitale verktøyene.

Resultatene viser at byggenæringen ser mange fordeler ved å benytte seg av digitale verktøy. Verktøyene forenkler og forbedrer store deler av byggeprosessen gjennom bruk av bygningsinformasjonsmodell, BIM-kiosk, digitale håndholdte enheter, drone, digital simulator, digital oppslagstavle, automatisering, utvidet virkelighet, virtuell virkelighet, radiofrekventidentifikasjon og QR-koder. Samtidig er enkelte verktøy og programvarer underutviklet og krever forbedring dersom næringen skal ha nytte av dem. Studien viser også at god bruk av digitale verktøy krever enkelte forutsetninger. I tillegg behøves det en omstilling hos menneskene som skal benytte dem.

Abstract

“The digital road map for the construction industries” is a broad framework outlining how the construction industries should work toward reducing expenditures and emissions, whilst improving completion speed and efficiency of operations. Based on this roadmap, the Norwegian Directorate of Public Construction and Property (Statsbygg) has introduced into its contracts a requirement that planning be done through building information modelling (BIM), which allows for generation and retrieval of information throughout any project. As a result the construction sites are paperless, with contractors employing digital tools for all stages.

This digitising process is of great personal and professional interest, as it has the potential to fundamentally impact the average working day and future development in the field. This master’s thesis aims to investigate what the experience of digitising has been in the construction industries so far. This is done through three main questions:

1. Which digital tools are used?
2. What are the challenges faced as a result of digitising?
3. What are the benefits of digitising?

In-depth interviews have been carried out with 13 informants from three separate construction projects. Their answers were also quantified through a questionnaire about the digital tools.

The results show that the construction industries see many advantages of utilising digital tools, which simplify and improve many aspects of construction processes through BIM, «BIM-kiosk», handheld digital devices, drones, simulations, digital bulletin boards, automation, augmented reality and virtual reality, radio frequency identification (RFID), and QR-codes. However, some tools and software are underdeveloped, and will require further improvement in order to be beneficial to the construction industries. The study also shows that there are certain prerequisites to the successful use of digital tools, including training and adjustments for the people who aim to make use of them.

Innholdsfortegnelse

FORORD	I
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT	V
INNHALDSFORTEGNELSE	VII
FIGURLISTE	IX
TABELLISTE	X
1 INNLEDNING	1
1.1 BAKGRUNN	1
1.2 UTFORDRINGER I BYGGENÆRINGEN	2
1.3 FORMÅL MED OPPGAVEN	3
1.4 PROSJEKTENE.....	4
1.5 PROBLEMSTILLING	6
1.6 AVGRENSNINGER OG FORUTSETNINGER	6
1.7 BEGREPSAVKLARING	7
2 TEORI	8
2.1 DIGITALISERING	8
2.2 DIGIBYGG.....	10
2.3 DIGITALT VEIKART.....	11
2.4 HELDIGITAL BYGGEPLASS	12
2.5 DE DIGITALE VERKTØYENE.....	13
2.6 MILJØASPEKTET.....	22
2.7 HELSE MILJØ OG SIKKERHET / SIKKERHET HELSE OG ARBEIDSMILJØ	23
3 METODE	26
3.1 FORSKNINGSSTRATEGI	26
3.2 VALG AV FORSKNINGSMETODE	30
3.3 RELIABILITET OG VALIDITET	32
3.4 INTERVJU	34
3.5 SPØRREUNDERSØKELSE	38
4 RESULTATER	40
4.1 DIGITALISERINGSTILTAK I BYGGENÆRINGEN	40

4.3	FORUTSETNINGER FOR DIGITALISERING	52
4.4	MENNESKE OG DIGITALISERING	54
5	DISKUSJON.....	55
5.1	DE DIGITALE VERKTØYENE	55
5.2	FORUTSETNINGER FOR DIGITALISERING	64
5.3	MENNESKE OG DIGITALISERING	66
5.4	DISKUSJON AV METODE.....	68
6	OPPSUMMERING	71
6.1	HVILKE DIGITALE VERKTØY BENYTTET BYGGENÆRINGEN?	71
6.2	HVILKE UTFORDRINGER MEDFØRER DIGITALISERINGEN?	71
6.3	HVILKE GEVINSTER MEDFØRER DIGITALISERINGEN?	72
6.4	KONKLUSJON	73
6.5	VIDERE FORSKNING	73
	REFERANSER	75
	VEDLEGG.....	I
	VEDLEGG 1 – INTERVJUGUIDE.....	I
	VEDLEGG 2 – SPØRRESKJEMA.....	III
	VEDLEGG 3 – NI ÅRSAKER TIL AT ARBEIDET FORSINKES	VII
	VEDLEGG 4 – DIGITAL TVILLING	X

Figurliste

FIGUR 1: FIGUREN VISER EN OVERSIKT OVER TILTAK SOM BLE GJORT PÅ GOL TRAFIKKSTASJON (RAMBØLL, 2018).	11
FIGUR 2: "DET DIGITALE VEIKARTET MOT 2025" (BNL, 2017B).	12
FIGUR 3: OVERSIKT OVER KOSTNADER TILKNYTTET DIGITALE VERKTØY MOT PAPIRTEGNINGER (SELMAR, 2018).	16
FIGUR 4: KOSTNADSUTVIKLING VED FORANDRINGER GJENNOM FLERE FASER I ET PROSJEKT (KOLLTVEIT ET AL., 2009).	21
FIGUR 5: DEN GULE LINJEN REPRESENTERER ANTALL RAPPORTER OM UØNSKEDE HENDELSER. DEN RØDE LINJEN REPRESENTERER ANTALLET H ₁ SKADER (PEAB, 2019).	25
FIGUR 6: SKJEMATISK FRAMSTILLING AV HVORDAN KRAV TIL REFLEKSJON VARIERER I LØPET AV INTERVJUET (TJORA, 2010). ...	37
FIGUR 7: OVERSIKT OVER HVOR FORNØYDE INFORMANTENE ER MED DE FORSKJELLIGE BRUKSOMRÅDENE VED BRUK AV BIM- KIOSK.	43
FIGUR 8: OVERSIKT OVER HVOR FORNØYDE INFORMANTENE ER MED DE FORSKJELLIGE BRUKSOMRÅDENE VED BRUK AV DIGITALE HÅNDHOLDTE ENHETER.	46
FIGUR 9: OVERSIKT OVER HVOR FORNØYDE INFORMANTENE ER MED DE FORSKJELLIGE BRUKSOMRÅDENE VED BRUK AV DRONE.	47
FIGUR 10: OVERSIKT OVER HVOR FORNØYDE INFORMANTENE ER MED DIGITAL OPPSLAGSTAVLE OG DIGITAL INNGANGSKONTROLL.	48

Tabelliste

TABELL 1 CHARACTERISTICS INHERENT IN THE CASE PROJECT EXECUTION IN THE OIL AND GAS AND CONSTRUCTION INDUSTRIES (MEJLÆNDER-LARSEN, 2015).....	13
TABELL 2: OPPGAVENS FORSKNINGSSTRATEGI	29
TABELL 3: BENYTTETE METODER FOR Å BESVARE FORSKNINGSSPØRSMÅLENE	31
TABELL 4: GRUPPERING AV INTERVJUOBJEKTER	35

1 Innledning

Dette kapitlet presenterer oppgavens bakgrunn og det gis grunnleggende informasjon om noen av utfordringene i byggenæringen. Videre presenteres formålet med oppgaven, samt problemstilling og hvilke avgrensninger som er gjort for å kunne gjennomføre oppgaven.

1.1 Bakgrunn

Bygg- og anleggsnæringen er en av Norges største næringer med nærmere 250 000 ansatte fordelt på 58 000 foretak (SSB, 2018a). Næringen blir av mange omtalt som både konservativ og lite innovativ (Bygg21, 2014).

Høsten 2017 gikk store deler av bygg- og anleggsnæringen sammen og laget et «Digitalt veikart mot 2025» (BNL, 2017b). Det er et felles digitalt veikart for omstillingen næringen nå skal gjennom. Veikartet er ment som et overordnet rammeverk for hvordan næringen bør jobbe for å bli en heldigital, konkurransedyktig, bærekraftig og seriøs næring innen 2025. Grunntanken bak samarbeidet er at næringen må jobbe tettere sammen, og ikke hver for seg. Sammen skal næringen oppnå reduserte byggekostnader, raskere prosjektgjennomføring, effektiv drift og lavere klimagassutslipp (BNL, 2017b).

For å nå målene har særlig de private og offentlige bestillerne et stort ansvar. De må stille krav til digitale leveranser gjennom bruk av «digital byggeplass» og «digital tvilling» (BNL, 2017b). Det medfører utfordringer, men også nye muligheter for entreprenørene. Mange aktører har allerede tatt i bruk digitale verktøy, eksempelvis implementering av bygningsinformasjonsmodell (BIM). Utfordringen er at aktørene hittil har jobbet hver for seg, og dermed går glipp av store gevinster. Det er først når man jobber sammen, koordinerer plattformene og tar i bruk flere digitale løsninger at gevinsten virkelig viser seg (BNL, 2017b). Gjennom en heldigitalisering av næringen kan kostnadsbesparelsene gi en årlig gevinst på omkring 20%, tilsvarende over 100 milliarder norske kroner i året (BNL, 2017b).

Bygg- og anleggsnæringens posisjon både nasjonalt og globalt gjør digitaliseringen signifikant. Næringen er ansvarlig for å produsere gode bygg og god infrastruktur tilpasset

befolkningsveksten, urbaniseringen og brukermangfoldet. Klarer næringen målene satt i «digitalt veikart mot 2025», vil det potensielt få store positive ringvirkninger for miljø, kvalitet og økonomi. Mange av prosjektene, både store og små, er for offentlige byggherrer og dermed finansiert av skattebetalerne (BNL, 2017b). Ved å kutte byggetid og byggekostnader, kan flere prosjekter gjennomføres raskere til en lavere pris, noe som igjen kan bidra til nasjonal økonomisk vekst. Videre sørger det for at næringen er rustet for å takle viktige samfunnsoppgaver og utfordringer i framtiden, både nasjonalt og internasjonalt.

1.2 Utfordringer i byggenæringen

Byggenæringen har gjennom mange år slitt med å ta i bruk ny teknologi og mange prosjekter har slitt med å levere på estimert kostnad til estimert tid. En dansk studie gjort av Lindhard & Wandahl (2012) kartla 5014 aktiviteter i tre ulike byggeprosjekter hvorav 1279 av aktivitetene ikke var ferdigstilt til riktig tid. Studiet summerer opp ni årsaker til at arbeidet forsinkes (vedlegg 3).

En av hovedårsakene til forsinkelser er at det produseres etter tegninger med feil og mangler, noe som medfører at arbeid må gjøres på nytt. Ofte forekommer det at tegninger er utdaterte, som igjen fører til produksjonsfeil. Ved at håndverkere benytter digitale verktøy, som BIM-kiosk, nettbrett eller smarttelefon, vil de alltid sitte på den oppdaterte tegningen (Graphisoft, 2019). Byggforsk (2008) konkluderer med at interne kvalitetsfeil i byggeprosessen, feil som aktørene eliminerer før ferdigstilling, kan i størrelsesorden stå for fem prosent av produksjonskostnadene. Selv om det tilknyttet usikkerhet til tallet, anslår rapporten at det med et slingringsmonn på to prosentpoeng vil variere fra tre til syv prosent. Det kan i verste fall tilsvare nærmere 40 milliarder kroner for næringen totalt å få rettet opp feil under selve produksjon. En tilsvarende rapport fra det svenske universitetet Chalmers underbygger tallene med sine estimater på «før overleveringskostnader» til 4,9 prosent av de samlede produksjonskostnadene (Byggforsk, 2008).

Rapporten fra Byggforsk (2008) tar også for seg byggeskader, som er summen av skader i reklamasjonstiden og resten av byggets levetid. Tallet er satt til fire prosent, som grunnet usikkerhet vil ligge mellom to og seks prosent. Fire prosent av næringens totale omsetning på omtrent 550 milliarder (SSB, 2018a) tilsvarer omtrent 22 milliarder norske kroner årlig

og samsvarer godt med en undersøkelse gjort blant norske takstmenn. De konkluderte med at byggeskader kostet 17 milliarder i 2016 (TU, 2017). På bakgrunn av tallene kan det samlede forbedringspotensialet være i gjennomsnitt 50 milliarder norske kroner basert på den samlede omsetningen for næringen i 2017. Ved å legge til den generelle usikkerheten med anslaget i Byggforsk-rapporten, som er vurdert til å være +/- 50%, vil det reelle tallet befinner seg mellom 25 og 75 milliarder norske kroner (Byggforsk, 2008).

Lindhard og Wandahl (2012) kommer også fram til at kommunikasjonen mellom byggeplassledelse og håndverkere er for dårlig, samt at estimert varighet på en aktivitet ofte er undervurdert. Rapporten viser at det ofte forekommer feilleveranser av materialer, materialene kommer ikke til angitt tid, og materialene ankommer tidvis med skader. Det er med på å vanskeliggjøre planlegging og kan gå ut over framdriften.

Det påpekes at sykdom og uforutsett fravær hos de ansatte også kan gå utover framdriften, samt at disse arbeider saktere enn antatt og med en ikke tilfredsstillende kvalitet. Videre er det problematisk at utstyr som skal benyttes ikke er ledig. Dessuten kan arbeid pågå i områder med begrenset riggplass. Det kan også være begrensende for framdriften når andre aktører jobber samtidig på samme sted, og arbeidene forsinkes når tidligere arbeider ikke er ferdigstilt i henhold til planen. Prosjekter forsinkes også av at arbeider må gjøres om igjen som følge av manglende kvalitet (Lindhard & Wandahl, 2012).

Ifølge Lindhard og Wandahl (2012), kan forhold som frost, snø, regn og vind skape problemer under et byggeprosjekt. Det samme kan fuktforhold inne i bygget. Fokus på sikre arbeidsforhold kan stoppe arbeidet, for eksempel om sikkerhetsmessige forhold oppdages eller arbeidsulykker oppstår. Usikre grunnforhold oppgis også som kilde til forsinkelser og overskridelser.

1.3 Formål med oppgaven

Formålet med denne masteroppgaven er å identifisere og analysere digitaliseringstiltak, som er implementert i prosjektene på Gol trafikkstasjon, Høgskolen i Østfold (HiØ) og Carl Berner Torg. Digitaliseringstiltak innebærer i denne oppgaven bruk av digitale verktøy som digital simulator, digital oppslagstavle, digitale håndholdte enheter, bruk av BIM-kiosk, drone, AR- og VR-teknologi, automatisering og planlegging i inntil 7 dimensjoner.

Oppgaven ønsker å drøfte hvordan disse verktøyene har påvirket prosjektene med innspill fra et bredt og representativt utvalg av ledere, funksjonærer og fagarbeidere for å best mulig få fram deres perspektiver, som opplever digitaliseringen på nært hold. Med bakgrunn i dette søker oppgaven å besvare problemstillingen.

1.4 Prosjektene

Prosjektene hvor de digitale verktøyene er benyttet er valgt ut etter litteratursøk og anbefalinger fra ansatte i byggenæringen. Felles for prosjektene er at de har hatt et stort fokus på digitalisering, spesielt to av Statsbygg-prosjektene, Gol trafikkstasjon og HiØ, som er pilotprosjekter innenfor heldigitalisering av byggenæringen (Statsbygg, 2016a; Statsbygg, 2016b). De to prosjektene er, i motsetning til Carl Berner Torg-prosjektet, avsluttet, og de ansatte på prosjektet har fått tid til å bearbeide prosjektet. Carl Berner Torg-prosjektet pågår i skrivende stund, og har kontraktsum som er flere ganger høyere enn Statsbygg-prosjektene tilsammen.

1.4.1 Gol Trafikkstasjon

Gol Trafikkstasjon er en kombinert trafikkstasjon og kontrollhall på tilsammen 667 kvadratmeter. Bygget ble overlevert bestiller og bruker, Statens Vegvesen, i januar 2019. Byggherre var Statsbygg, som benyttet Mest Bygg AS som utførende entreprenør (Statsbygg, 2016b). Bygget har vært et pilotprosjekt for Digibygge med ekstra fokus på digitalisering i gjennomføring og drift (Statsbygg, 2019). Gjennom alle faser i prosjektet har prosjektmedarbeiderne hatt tilgang til følgende av de digitale verktøyene på markedet:

- Digital byggeplass: Ingen bruk av papirer, slik at alle papirtegninger og papirer tilknyttet kvalitetssikring og lignende utgikk. Dermed benyttet alle arbeiderne digitale løsninger som BIM-kiosk, nettbrett og smarttelefon for å få tilgang på nødvendige tegninger, papirer og informasjon
- Dronekjøring til innhenting av geodata
- Framdriftsplanlegging (4D), økonomisk planlegging (5D), miljøkartlegging (6D), forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) (7D) ble tilknyttet BIM-modellen
- Sporing av produkter med radiofrekventidentifikasjon (RFID)
- Digital simulator for økt sikkerhet
- Automatisering ved hjelp av borerobot

- Utvidet virkelighet (AR) og virtuell virkelighet (VR)
- Digital oppslagstavle
- Optimalisering av drift og vedlikehold gjennom automatisering, selvstyring og fjernstyring.
- Fjernovervåking av brannalarm og nødlyssystem i BIM-modellen
- Kameraovervåking med lyd i tekniske rom

1.4.2 Høgskolen i Østfold

På oppdrag fra Høgskolen i Østfold satte Veidekke opp et en-etasjes påbygg på eksisterende bygningsmasse for å imøtekomme behovet for 50 nye kontorarbeidsplasser. Dette innebærer også fasiliteter som møterom, fellesarealer og nødvendig teknisk og bygningsmessig infrastruktur på totalt 1016 kvadratmeter (Statsbygg, 2016a). Byggherre var Statsbygg og prosjektet regnes som det første Digibyggs prosjektet, samt et av verdens første papirløse byggeprosjekt. Det ble overlevert bestiller i februar 2018 (Statsbygg, 2016a). Prosjektet har benyttet flere digitale verktøy for å nå målene som et papirløst prosjekt:

- Digital byggeplass: Ingen bruk av papirer, slik at alle papirtegninger og papirer tilknyttet kvalitetssikring og lignende utgikk. Dermed benyttet alle arbeiderne digitale løsninger som BIM-kiosk, nettbrett og smarttelefon for å få tilgang på nødvendige tegninger, papirer og informasjon
- Dronekjøring til innhenting av geodata
- Digital oppslagstavle
- Framdriftsplanlegging (4D) og økonomisk planlegging (5D)
- Automatisering ved hjelp av vindusrobot
- Virtuell virkelighet (VR)

1.4.3 Carl Berner Torg

Carl Berner Torg er et åtteetasjes høyt bygg med leiligheter og næringsdel på totalt 18500 kvadratmeter. Bestiller og byggherre, Peab Eiendomsutvikling AS har engasjert Peab AS, som totalentreprenør for bygget som skal stå ferdig høsten 2020 (PEAB, 2018).

Prosjektet er Peabs første heldigitale byggeprosjekt og inkluderer aktiv bruk av digitale verktøy:

- Digital byggeplass: Ingen bruk av papirer, slik at alle papirtegninger og papirer tilknyttet kvalitetssikring og lignende utgår. Dermed benytter alle arbeiderne digitale løsninger som BIM-kiosk, nettbrett og smarttelefon for å få tilgang på nødvendige tegninger, papirer og informasjon
- Dronekjøring til innhenting av geodata
- Utvidet virkelighet (AR)

1.5 Problemstilling

Oppgavens hovedfokus er tilknyttet de digitale verktøyene som er benyttet i prosjektene. Ved å identifisere og analysere bruken av de digitale verktøyene søker oppgaven å kartlegge utfordringer og gevinster gjennom problemstillingen:

Hvilke erfaringer har byggenæringen så langt med bruk av digitale verktøy?

For å best mulig svare på problemstillingen er det benyttet tre forskningsspørsmål i oppgaven:

1. Hvilke digitale verktøy benytter byggenæringen?
2. Hvilke utfordringer medfører digitaliseringen?
3. Hvilke gevinster medfører digitaliseringen?

1.6 Avgrensninger og forutsetninger

Oppgaven søker å belyse relevante erfaringer fra næringen, og for å sikre tilstrekkelig nøyaktighet og dybde i resultater og data er det nødvendig å gjøre visse avgrensninger. Digitalisering er et tema som favner bredt, og mange aspekter vedrørende digitalisering kunne vært belyst. Oppgavens hovedfokus er på bruk av digitale verktøy. Selv om enkelte av verktøyene kan benyttes i flere faser, er fokus på produksjonsfasen. Enkelte av verktøyene som belyses i oppgaven har vært lite benyttet i byggenæringen tidligere, og det finnes dermed begrensede mengder data basert på erfaringer gjort i næringen. Oppgaven tar ikke hensyn til forskjellige programvarer som ble benyttet. Det kan ha innvirkning på resultatene. Det er også viktig å presisere at forfatteren har studert tre prosjekter. På den måten kan resultatene være misvisende for næringen samlet sett.

1.7 Begrepsavklaring

Prosjekt: Et prosjekt kan beskrives som en arbeidsoppgave eller et oppdrag som gjøres én gang med et definert mål. Prosjektet har en egen midlertidig organisasjon og er tidsavgrenset med en viss kompleksitet og tverrfaglighet (Westhagen, 2008). Det er gitte ressursrammer og prosjektet er en del av en innovasjonsprosess, samt oftest tilknyttet en økonomisk transaksjon (Kolltveit et al., 2009).

Papirløs byggeplass: En byggeplass hvor det bare benyttes digitale løsninger.

Tegningsløs byggeplass: Et prosjekt som ikke benytter tegninger, bare BIM-modellen.

Entreprenør: En aktør som utfører blant annet bygningsarbeider.

Underentreprenør: En aktør som leies inn av entreprenør for å utføre arbeider.

Byggherre: En som mottar ytelser i forbindelse med bygg og anlegg.

Bruker/Bestiller: Den som bestiller, eller er bruker av et bygg.

IFC-fil: Et filformat for utveksling av BIM.

Autonom: Selvstyrende, brukes om maskiner som kan kjøres uten menneskelig fører.

H₁ skader: Skader som medfører fravær fra arbeid.

Åpen bim: Filformatet er en IFC-fil

BNL: Byggenæringens Landsforening

NCC: Dansk entreprenør

2 Teori

I dette kapitlet beskrives teori forankret i eksisterende litteratur relatert til de aktuelle tiltakene som er gjort i prosjektene oppgaven ser nærmere på. Enkelte av de innledende intervjuene, samt dybdeintervjuene av BIM-koordinatorene har gitt hovedvekten av informasjonen om de digitale verktøyene.

2.1 Digitalisering

Digitalisering innebærer å bruke teknologi til å fornye, forenkle og forbedre. Det innebærer å tilby nye og bedre tjenester, som er enkle å bruke, effektive, og pålitelige (Regjeringen, 2014). Digitalisering er, og har vist seg å være, svært viktig for økt verdiskapning og innovasjon. Det kan være nøkkelen for å øke produktiviteten i flere sektorer (Regjeringen, 2014). Digitalisering forutsetter ofte omstilling, og omstilling innebærer ofte digitalisering. Ved riktig bruk kan digitalisering, som det å introdusere ny teknologi i en næring eller organisasjon, være en drivkraft for forenkling og fornying av gamle og tungvinte løsninger (Regjeringen, 2014).

Det er vanlig å bruke digitalisering som en samlebetegnelse for overgangen fra analoge, mekaniske og papirbaserte løsninger til digitale løsninger (Regjeringen, 2014). Begrepet dekker også etablering av nye IT-systemer, som opprettholder rutiner som utføres manuelt, selv om de største gevinstene ved digitalisering ofte innebærer at rutiner ikke bare blir digitale, men automatiserte (Regjeringen, 2014). Begrepet digitalisering omfatter også oppdatering av gamle og utdaterte IT-løsninger, selv om de allerede er digitale (Regjeringen, 2014).

Norge som nasjon har et stort potensial for videre digitalisering gjennom en godt utbygd digital infrastruktur og avanserte brukere som tidlig tar i bruk ny teknologi. Norge scorer langt over gjennomsnittet når det gjelder utbredelse av bredbånd, digitale ferdigheter og bruk av digitale tjenester (NHO, 2018). Med en velfungerende offentlig sektor med relativt stor tillitt blant befolkningen ligger mye til rette for å utvikle og skape nytt næringsliv. Ved å utnytte fordelene bedre kan man skape testarenaer og sandkasser hvor nye ideer og konsepter kan testes ut (NHO, 2018).

Dette har Statsbygg gjort med sine pilotprosjekter der de tester ut ny teknologi for å utvikle byggenæringen. Dette gjøres i små prosjekter hvor det er lov å mislykkes, men erfaringer og lærdom tas med videre inn i framtidige prosjekter. Et av tiltakene, papirfri byggeplass, er med på å tvinge næringen til å tenke nytt og gjør at næringen må omstille (Statsbygg, 2018). Papirfri byggeplasser betyr at alle de tradisjonelle byggetegningene må erstattes med andre løsninger. Foreløpig har tegningene blitt digitalisert og levert i PDF-format slik at tilgang på tegninger bare gis gjennom digitale verktøy som smarttelefoner, nettbrett eller BIM-kiosk.

For størst mulig gevinst av digitaliseringen, utvikles og testes autonome maskiner i form av roboter som kan overta en rekke av de typiske arbeidsoperasjonene på en byggeplass. Dette gjelder blant annet kjerneboring, boring for oppheng, riveroboter og gipseroboter. Ved hjelp av maskinlæring kan også gravemaskiner inne kort tid gjøre et helt nøyaktig arbeid uten menneskelig fører.

Det er essensielt å merke seg er at nye teknologier ikke gir noen effekt i seg selv. For å få de ønskede positive effektene, må enhver organisasjon være villig til å gjennomføre endringene som må til i arbeidsprosesser og i forretningsmodeller (NHO, 2018). Rapporten «Digital Transformation» utarbeidet av QVARTZ & Microsoft (2017) konkluderer med at fokuset må være mer på menneskene enn teknologien. Rapporten har dybdeintervjuet ledelsen i 29 store norske selskaper og organisasjoner. De har kommet fram til at bedriftene har et skarpt fokus på digitalisering av kundeopplevelser og tjenester. Den viser også at det er et begrenset fokus mot de interne brukerne – de ansatte. Manglede fokus internt begrenser de ansattes forståelse for digitalisering. Der bedriften søker endringsvilje fra de ansatte møter bedriften endringsmotstand og frykt (QVARTZ & Microsoft, 2017). En kommentar fra forfatterne av rapporten summerer opp noen poenger for å lykkes (Marschall & Kaspersen, 2018):

- *Gi lederne riktig digital kompetanse til å drive utviklingen, og få de ansatte med på laget. Rapporten avdekker at ledere ofte arbeider som før, samtidig som digital kompetanse bygges fra bunnen. Det er ikke nok, digital kultur må drives fra toppen.*
- *Lag like gode digitale løsninger for de ansatte som for kundene. Bruk samme utviklingsprosesser og fokuser like mye på brukerverdi internt som mot ekstern kunde. Det bidrar til endringsevne og -vilje.*

- *Teknologi alene er ikke løsningen på alle utfordringer. For å få nytte av et system, er nøkkelen å skape endringer i adferd og tankesett hos mennesker, blant annet gjennom digital opplæring og brukerstøtte.*

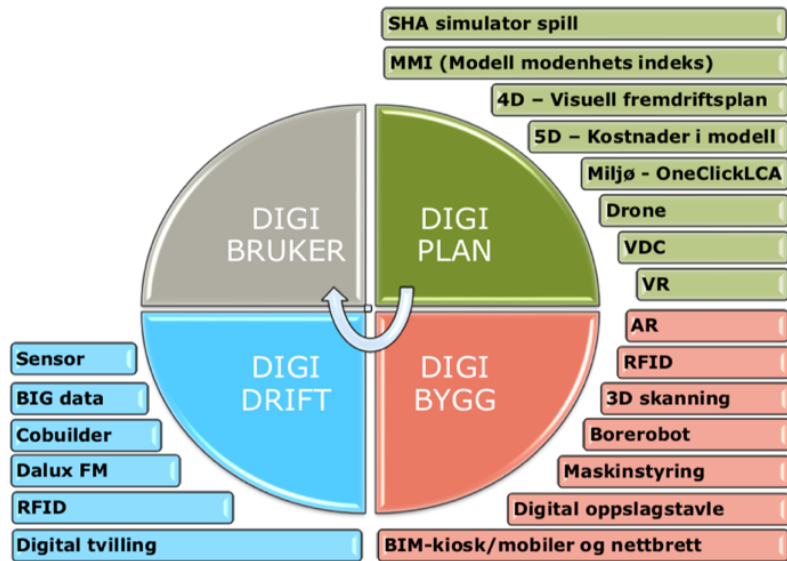
På oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet laget KPMG (2014) en rapport som kartlegger hindre for digitale forretningsprosesser i næringslivet. Rapporten konkluderer med at manglende standardisering oppleves som det største hinderet for digitalisering, etterfulgt av organisatoriske hindre og manglende kompetanse (KPMG, 2014).

2.2 Digibbygg

Statsbyggs satsing på digitalisering er et overordnet prosjekt med navn Digibbygg og ble etablert i januar 2017 (Statsbygg, 2019). Målet er å fremme bruken av digitalisering og smart-teknologi gjennom hele verdikjeden fra idé og plan til drift. Som en av landets største byggherrer er det viktig for Statsbygg å ta del i utviklingen av teknologi og løsninger som vil påvirke bygg- og anleggsnæringen i framtiden. Dette er avgjørende for effektiviseringen av Statsbyggs prosesser og bidrar til å oppfylle deres strategi. Digibbygg tar sikte på de mindre prosjektene, hvor man i større grad kan eksperimentere uten at det får store konsekvenser (Statsbygg, 2019).

Statsbygg er første norske byggherre som innfører digitale kontrakts krav og streber etter å nå målene satt i «Digitalt veikart mot 2025» (Statsbygg, 2018). For å nå målene har Digibbygg delt inn i fire kategorier. Kategoriene innebærer forskjellige konkrete tiltak (figur 1).

- Digiplan tar for seg planleggingsfasen og benytter flere digitale løsninger.
- Digibbygg omhandler digitale verktøy som benyttes i produksjonen på byggeplass.
- Digidrift dreier seg om bruken etter at bygget er overlevert, og gjør driften heldigital gjennom bruk av digitale løsninger.
- Digibruker er brukerne av bygget og deres digitale verktøy til drift.



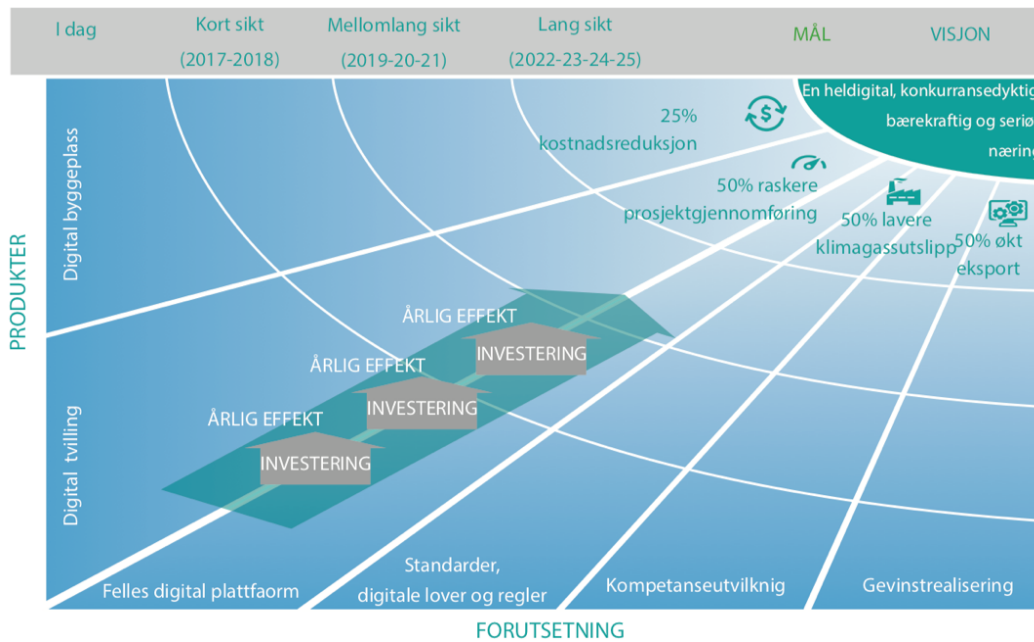
Figur 1: Figuren viser en oversikt over tiltak som ble gjort på Gol trafikkstasjon (Rambøll, 2018).

2.3 Digitalt Veikart

Veikart blir laget for at brukeren av kartet skal få en oversikt over hvilke alternativer som finnes, hvilke veier man kan benytte for å nå et bestemt mål (BNL, 2017b). Byggenæringen står ovenfor en utfordring med å finne den ene veien som er bedre enn alle de andre. Derfor gikk næringen, med BNL i front, sammen og laget et digitalt veikart. Målet er å lage en beste praksis for en heldigital bygg- og anleggsnæring innen 2025 (BNL, 2017b).

Bygg- og anleggsnæringen har allerede tatt i bruk enkelte digitale løsninger i takt med endringene i måten man bygger og produserer. Potensialet for utvikling er fortsatt stort, og mange aktører opplever at det finnes en rekke forskjellige teknologiske løsninger, men at det er vanskelig å vite hvilke man bør velge for å sikre en sømløs digital hverdag (BNL, 2017b).

De store offentlige byggherrene benytter sin innflytelse til å kreve blant annet heldigitale byggeplasser. Det fører til at entreprenørene må ta til seg kunnskap og metoder for å imøtekomme kravene. Det digitale veikartet forteller oss hvilken retning vi bør velge for å bevege oss fra der vi står, til dit vi skal. Det kan være mange veier til målet, men med det digitale veikartet etableres et felles overordnet rammeverk for hvordan næringen må jobbe for å bli en heldigital, konkurransedyktig, bærekraftig og seriøs næring i 2025 (figur 2) (BNL, 2017b).



Figur 2: "Det digitale veikartet mot 2025" (BNL, 2017b).

2.4 Heldigital byggeplass

En heldigital byggeplass innebærer at prosjektet bare benytter seg av digitale verktøy. All papirbruk kuttes til et absolutt minimum, noe som betyr at de tradisjonelle byggetegningene byttes ut til fordel for digitale tegninger. Tradisjonelt sett har det vært vanlig å benytte seg av lister til all dokumentasjon og kvalitetssikring med mer, og byggeplasser har av enkelte blitt karakterisert som et listekaos (Skanska, 2019).

Skal byggenæringen konkurrere på pris i et presset globalt marked, må gjennomføringstiden og kostnader ned. Da bør gjennomføring og prosjektering gå mer parallelt (BuildingSMART, 2018). Det krever at rådgiverne må tilpasse måten de prosjekterer på til entreprenørens bygge sekvens. Entreprenøren må få det materialet han behøver når han trenger det (BuildingSMART, 2018).

Sammenligninger gjort av Mejlænder-Larsen (2015) viser at det er store likheter mellom oljenæringen og byggenæringen, spesielt tilknyttet prosjektgjennomføring (tabell 1). Viktige parameterne som gjennomføringsmodeller og bruken av BIM gjør at byggenæringen kan ta med seg nyttig lærdom fra oljenæringen (Mejlænder-Larsen, 2015). BIM kan i så måte være nøkkelen for byggenæringen på samme måte som det har vært det for oljenæringen.

Tabell 1 Characteristics inherent in the case project execution in the oil and gas and construction industries
(Mejlønder-Larsen, 2015).

Characteristics	Oil and gas industry	Construction industry	Degree of similarity
Market	Global	National/local	Low
Project size	Large project	Small to medium projects	Low-medium
Execution	Project based	Project based	High
Stakeholders	Clients, end-users, contractors, suppliers, consultants	Clients, end-users, contractors, suppliers, architects, consultants	High
Project team composition	Engineering know-how and technical competence	Engineering know-how and technical competence	High

2.5 De digitale verktøyene

Dette delkapittelet tar for seg de digitale verktøyene som ble/blir benyttet på de tre aktuelle prosjektene. Hovedfokus ligger på verktøy som er benyttet i utførelse, men enkelte verktøy har også vært nyttig i prosjektering og i drift.

2.5.1 BIM

Bygningsinformasjonsmodell er en geometrisk 3D-modell som inneholder informasjon om det som skal bygges. Informasjonen kan variere fra en enkel målsatt modell til en modell fullspekket med informasjon om samtlige komponenter (Skanska, 2018).

Selv om teknologien har vært tilgjengelig lenge, og ble tatt i bruk av oljenæringen allerede på 80-tallet, har byggenæringen vært sen med å ta i bruk BIM (Skanska, 2018). Det har vært et svært signifikant verktøy for oljenæringen og bidro til at norske firmaer ble konkurransedyktige på pris mot lavkostland gjennom lavere byggekostnader. Prisen på prosjektering og innkjøp av utstyr ligger på omtrent samme nivå uavhengig av hvor i verden produksjoner er, dermed blir spørsmålet om kostnad tilknyttet selve byggingen (BuildingSMART, 2018). Det er i utgangspunktet et langt lavere lønnsnivå i Asia, og derfor vanskelig å konkurrere imot. Bruken av BIM har ført til en langt mer kostnadseffektiv byggesekvens gjennom å jobbe mye raskere og med langt større presisjon (BuildingSMART, 2018).

Da byggenæringen først tok i bruk BIM for mer enn ti år siden, ble det i hovedsak benyttet i prosjekteringsfasen. Meningen var at rådgivere og arkitekter skulle samhandle bedre, og at involverte parter enklere skulle forstå hva som skulle bygges. Etterhvert som BIM ble godt innarbeidet i prosjekteringsfasen skjønnte næringen at BIM også kunne benyttes i produksjonsfasen (Skanska, 2018).

Etter at effektiviteten i byggenæringen nærmest har stagnert de siste 30 årene, mye grunnet dårlig samhandling og dårlig kommunikasjon, har BIM vært en liten revolusjon (Skanska, 2018). BIM bidrar til bedre samhandling, økt effektivitet, samt at det reduserer byggetid og feil gjennom mulighetene modellen gir både i forprosjekt, prosjektering og utførelse (Skanska, 2018).

Fra 3D til 7D

Det er lett å tenke at BIM kun er en 3D-modell. Ved å ilegge modellen flere dimensjoner kan mye nyttig informasjon tilkobles modellen. Det kan gjøres ved å legge til en fjerde dimensjon som representerer framdriftsplanlegging og en femte dimensjon som representerer byggekostnader. En sjette dimensjon representerer miljø, bærekraft og energi, og til slutt en syvende dimensjon som representerer FDVU (Tønsbergprosjektet, 2016). Ved å tillegge modellen denne informasjonen er bruksområdet større, for eksempel kan framdriftsplanleggingen visualiseres i BIM-modellen sammen med byggekostnadene. På den måten ser entreprenøren når de forskjellige bygningsdelene blir satt opp ifølge framdriftsplanen. Det gjør planleggingen bedre og øker sjansen for å oppdage feil, mangler og farer før de skjer (Byggeindustrien, 2017).

2.5.2 BIM-kiosk

BIM-kiosker har vært benyttet på flere norske byggeplasser de siste årene. Bråthen & Moland (2016) har skrevet rapporten «Samhandlingsfase og BIM på byggeplass» basert på observasjoner og intervjuer med fagpersoner som rehabiliterte Urbygningen ved NMBU på Ås. BIM-kioskene fungerte godt både som sjekkpunkt for eget arbeid og som en faglig møteplass. Flere utførende mente at tilgangen på 3D-modellen ga bedre oversikt og mer detaljer i arbeidet som ble utført.

«Jeg kan se av tegningen at det skal være noen rør her, men av tegningen kan jeg ikke se om rørene ligger nedi gulvet eller over taket. Ved hjelp av modellen ser jeg med en gang at rørene skal være over taket»

- En av de utførende ved Urbygningen (Bråthen & Moland, 2016).

Funnene i rapporten viser at håndverkere får en mer helhetlig forståelse av det prosjekterte materialet på grunn av BIM-kioskens gode visualiseringsmuligheter. Det blir lettere å løse komplekse forhold og å se detaljer som vanskelig lar seg visualisere på en tradisjonell 2D tegning. Et annet element Bråthen og Moland (2016) tar opp er de tilfeldige møtene som ofte oppstår rundt BIM-kiosken. Der kan håndverkere fra forskjellige fag samles og løse komplekse problemer og diskutere framdriftsplaner sammen. Forståelsen de forskjellige fagene får for hverandres arbeid kan potensielt sett være positivt for prosjektet.

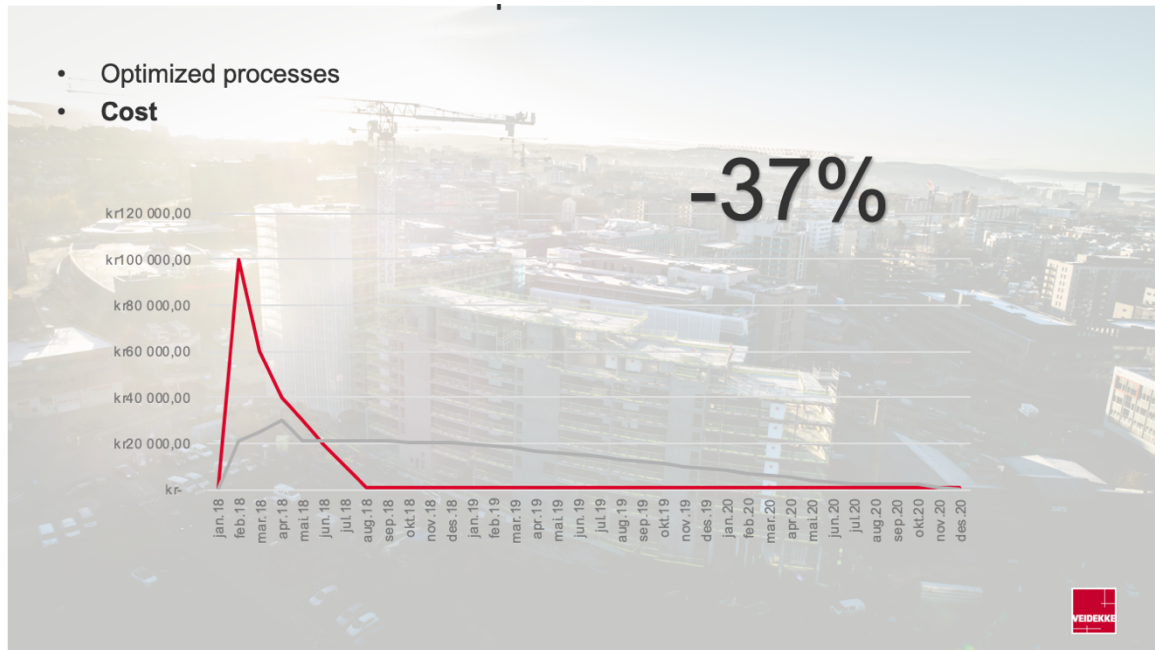
Rapporten kommer fram til at BIM-kiosker bidro til å gjøre byggingen enklere gjennom å legge stor vekt på involvering og opplæring på brukerne av kiosken. Dersom det oppstår problemer i bruk, eller man ønsker å gjennomføre møter kan et webkamera i BIM-kiosken koble sammen de prosjekterende som sitter på kontoret med fagarbeideren ute på byggeplassen (Bråthen & Moland, 2016).

2.5.3 Digitale håndholdte enheter

Selv om håndholdte digitale enheter har vært benyttet på enkelte prosjekter allerede, satte Statsbygg standarden da de i 2018 innførte krav til at all prosjektering skal skje i BIM, og at byggeplassene deres skal være papirløse (Byggeindustrien, 2018d). Gjennom å sette disse kravene ønsker Statsbygg å endre byggenæringen gjennom økt digitalisering av hele livsløpet for et bygg, fra planlegging og prosjektering, i byggefase og fram til avhending.

Dette innebærer at entreprenører som ønsker å jobbe for Statsbygg må innrette seg etter disse kravene. Det betyr blant annet at all bruk av papir på byggeplassene er uaktuelt. Undersøkelser gjort av BIM-koordinator Johan Selmar på Veidekkes milliardprosjekt for Thon-gruppen i Oslo viser at deres digitalisering av papirtegninger har spart prosjektet for mye tid og penger (Selmar, 2018).

Den røde linjen illustrerer kostnadene tilknyttet innkjøp og bruk av nettbrett. Den grå linjen illustrerer kostnader tilknyttet leie av tjenester som muliggjør utskrift av papirtegninger (figur 3).



Figur 3: Oversikt over kostnader tilknyttet digitale verktøy mot papirtegninger (Selmar, 2018).

Ved å benytte digitale enheter, sparte prosjektet 37% av kostnadene tilknyttet leie av tjenester som muliggjør utskrift av tegninger. Det er besparelser som i dette prosjektet tilsvarer omtrent 350 arbeidstimer. Da er det ikke hensyntatt at et nettbrett kan benyttes på nye prosjekter i motsetning til papirtegningene, samt all gangtid en håndverker tradisjonelt har brukt mellom byggeplasskontoret og byggeplassen for å hente nye tegninger. Potensiell miljøgevinst er heller ikke med i beregningen (Selmar, 2018).

Papirfri byggeplass gjør at næringen må se på nye løsninger også på andre områder. I henhold til lovgivningen må næringen kvalitetssikre arbeidet som gjøres. Tradisjonelt sett har næringen benyttet sjekklister på papir. I et masterstudium av Holter (2018) kommer det fram at mange entreprenører fortsatt fører sjekklister på papir. Det kan se slik ut:

1. *Lete fram dokumenter i datasystemet*
2. *Utskrift av sjekklister*

3. *Kontroll av utført arbeid av bas og forman, hvilket dokumenteres ved utfylling av sjekklister*
4. *Eventuell fotodokumentasjon av utført arbeid*
5. *Scann av sjekklister for digital arkivering, i tillegg til arkivering i perm*
6. *Opplasting av fotodokumentasjon for digital arkivering*

Holter (2018) kommer fram til at ved å benytte digitale løsninger vil det samme arbeidet kunne gjøres langt raskere. Det gjøres ved at digitale sjekklister blir utfylt direkte på en håndholdt enhet i en standard mal som ligger i programvaren. Disse fylles ut i en applikasjon på stedet med avkrysning eller tekst, og fotodokumentasjon. Videre lagres denne informasjonen på et forhåndsbestemt sted hvor aktuelle personer har tilgang til sjekklister med det samme.

Den samme løsningen kan benyttes på andre lignende arbeidsoperasjoner som er pålagt enten fra lovgivningen, byggherre eller seg selv. Det gjelder i hovedsak vernerunder, rapportering av uønskede hendelser og avviksrapportering. I stedet for å benytte tykke permer med utskrevne maler på papir kan dette føres digitalt på et nettbrett eller på smarttelefon (Holte, 2019).

2.5.4 Drone

En drone er et ubemannet luftfartøy som kan kontrolleres med fjernstyring eller autonomt ved hjelp av programvare, sensorer og GPS (SNL, 2018b). Droner ble i utgangspunktet utviklet for bruk til militære formål, og har i hovedsak blitt brukt i rekognosering og overvåkning. De siste årenes teknologiutvikling har gjort droner tilgjengelig for sivile og har overtatt oppgaver som tidligere har vært kostbare og farlige. Droner utstyres ofte med sensorer og kameraer som gjør de svært egnet til bruk i overvåkning av blant annet miljø, vær og trafikk, søk- og redningsoperasjoner, i landbruk, for sikkerhetsformål, pakkelevering og nå i byggenæringen, blant annet for å se etter og kontrollere eventuelle skader på bygninger (SNL, 2018b).

Droner kan også benyttes til å skanne det aktuelle terrenget man ønsker å bygge ut. I samferdselsprosjekter har drone blitt brukt til å innhente geodata, disse dataene har generert

nøyaktige gravekart til bruk i gravemaskinen. Med ny teknologi og maskinlæring kan dataene benyttes så nøyaktig at gravemaskinen i framtiden blir autonom.

Visualisering fra luften gir også gode muligheter for oversiktsbilder over området, det kan anvendes i riggplaner eller benyttes i salg- og markedsføring gjennom bruk av for eksempel VR-teknologi.

2.5.5 Digital oppslagstavle

Med bakgrunn i forskriftene stilles det store krav til dokumentasjon og annen informasjon som skal være tilgjengelig på byggeplassen. Det gjelder for eksempel varslingsplaner, SHA-planer og oversiktslister. Tradisjonelt sett har man løst dette med å sette opp stasjonære tavler hvor papirutskrifter av lovpålagte dokumenter, tegninger og skjemaer henges opp. Enkelte av disse papirene fungerer som oppslagsverk og informasjon, andre skal leses og signeres av arbeiderne på stedet. Byggenæringens store samling av ulike nasjonaliteter krever også at dokumentene er tilgjengelig på flere forskjellige språk. Gjennom byggetiden vil det i tillegg komme oppdateringer og revisjoner som krever endringer og utskiftninger av dokumentene på tavlen, noe som medfører mye jobb tilknyttet administrasjon av tavlen (Ceritor, 2019).

Digitalisering av den tradisjonelle HMS-/oppslagstavlen er en løsning som har vært benyttet i enkelte prosjekter, også i et par av pilotprosjektene i denne oppgaven. Ved å erstatte tavlen og papirer med en stor, oversiktlig touch-skjerm kan man potensielt spare mye administrasjon (Ceritor, 2019). Alle oppdateringer og revisjoner oppdateres på skjermen i samtid med at HMS-ansvarlig eller andre funksjonærer oppdaterer for eksempel varslingsplanen. Ved hjelp av touch-skjerm kan arbeidere enkelt ta seg rundt til det aktuelle dokumentet de måtte ønske å se. Faremomenter eller andre aktuelle temaer vil «rulle» over skjermen all den tid ingen benytter skjermen og den er inaktiv (Ceritor, 2019).

2.5.6 Digital simulator

Digital simulator av byggeplass er et spill laget på bakgrunn av BIM-modellen, og er en fullgod visualisering av den aktuelle byggeplassen (NRK, 2018). For å få tilgang til byggeplassen må alle først gjennom byggeplassen digitalt for å avdekke og rapportere HMS-avvik. Deretter følger en runde ute på byggeplass for å avdekke risikoene i

virkeligheten. Digital simulator ble benyttet på det danske prosjektet «Gødstrup Sygehus» som ble igangsatt i 2012. Rapporter underveis fra prosjektet viser til 50-60% lavere antall ulykker enn landsgjennomsnittet etter at mer enn 3000 arbeidere har vært gjennom simulatoren (SSG, 2018).

Erfaringer fra prosjektet i Danmark viser også til at arbeiderne i lang større grad måtte være bevisst og ta ansvar for sin egen og andres sikkerhet på byggeplassen, og at spillet er langt mer forpliktende enn de tradisjonelle papirene med sikkerhetsinformasjon (SSG, 2018). Spillets enkle utforming med hovedfokus på bilder har vært med på å gjøre det enklere å forstå. Spillet er også tilgjengelig på flere språk, noe som har medvirket til at byggeplassen ikke bare har redusert antall skader, men også fullstendig unngått alvorlige skader (Arbejdstilsynet, 2017).

2.5.7 Automatisering

Automatisering, automasjon eller mekanisering er teknikken bak å få systemer eller prosesser til å fungere uten, eller med begrenset grad av menneskelig medvirkning (SNL, 2018a). Automatisering benyttes overalt hvor det er ønskelig å erstatte eller begrense menneskelig arbeidskraft med selvfungerende systemer. Til daglig brukes det i industri, handel og kontor, transport, kommunikasjon, administrasjon, helsevesen og hjemme, eksempelvis en selvkjørende støvsuger eller gressklipper. Spektret for systemer som kan automatiseres er bredt med alt fra tekniske systemer som maskiner og kjemiske prosesser til administrative systemer som regnskapssystemer og lønnsutbetalingssystemer (SNL, 2018a).

For å øke effekten av digitalisering er automatisering av prosesser essensielt. Ved å bruke teknologi på en slik måte at arbeidsoperasjoner tilknyttet en prosess bortfaller eller styrer seg selv, kan man spare mye tid, penger og unngå at mennesker havner i farlige situasjoner. For byggenæringen er automatisering av flere operasjoner aktuelle. Med nøyaktige geodata og maskinlæring kan gravemaskiner bli autonome. Automatisering ved hjelp av roboter har også vært forsøkt i næringen i form av borerobotter, vindusrobotter, gipserobotter og riverobotter. Drift og vedlikehold kan optimaliseres gjennom automatisering, selvstyring og fjernstyring, ut fra tilgjengelig sanntidstilstandsdata som temperatur, luft, lys, lyd og vær.

2.5.8 Utvidet virkelighet – AR

Utvidet virkelighet defineres av SNL (2018c) som:

«Utvidet virkelighet er en omgivelse hvor den egentlige virkeligheten er kombinert med illusjoner skapt av kunstige sanseinntrykk. Disse er flettet sammen med naturlige inntrykk slik av de kan inngå i en helhetlig virkelighetsopplevelse»

Noe enklere forklart er utvidet virkelighet en teknologi som kombinerer data fra den fysiske verden med virtuell data. Det gir et ekstra «lag» med informasjon som ikke erstatter virkeligheten, men utvider den (SNL, 2018c). Informasjonen som tilføres kan være oppdiktet eller den kan reflektere deler av omgivelsene som ellers ikke ville vært tilgjengelige. Utvidet virkelighet ble i likhet med mange andre teknologiske innovasjoner utviklet til bruk i det militære. Det amerikanske forsvaret utviklet briller som førte til at piloter fikk tilført visuelle sanseinntrykk via skjermer montert i visiret på hjelmen (SNL, 2018c). Ønsket var å øke evnen til å navigere og oppdage fienden. Utvidet virkelighet benyttes også innen medisin, for eksempel ved produkter som leser av hvor blodårer befinner seg på armen, for deretter å visualisere den aktuelle blodårens plassering på armen (SNL, 2018c).

De mest kjente eksemplene på bruk av utvidet virkelighet finner vi i dataspill. I spillet Pokémon Go benyttes AR teknologi ved å legge virtuelle Pokémon-figurer på bildet brukeren ser gjennom smarttelefonens kamera (SNL, 2018c).

For byggenæringen kan AR teknologi benyttes på flere områder, for eksempel for å sikre at tekniske anlegg som rørgater og ledninger blir satt opp riktig. BIM modellen blir da overlagt brukerens syn via smarttelefon eller spesialbriller, og gir dermed en sammensatt visning av bygget som prosjektert og det som faktisk er bygget. AR teknologi kan også benyttes under utførelse ved at utførende ser hvor i et rom objekter skal plasseres.

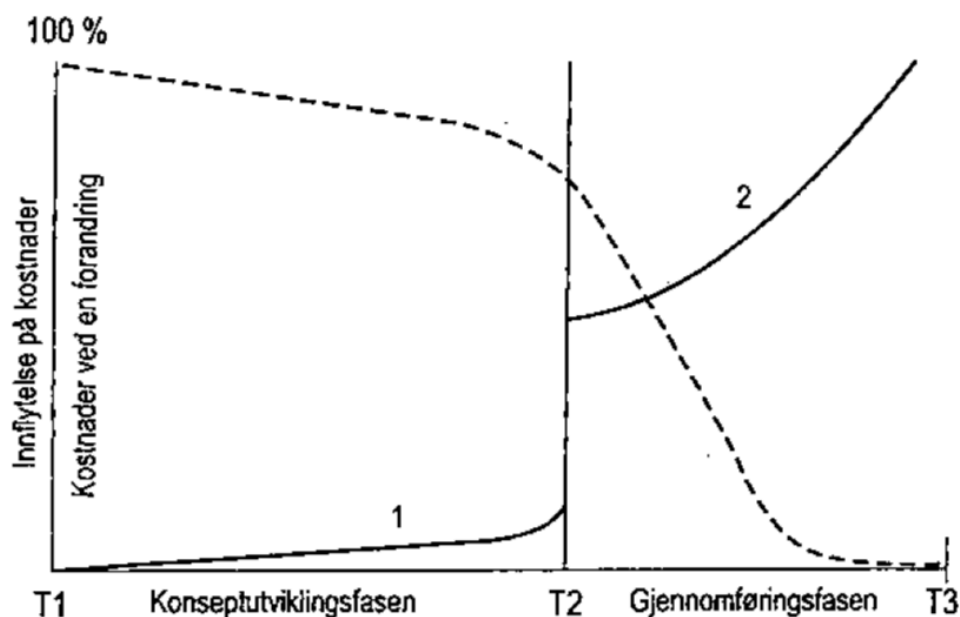
2.5.9 Virtuell virkelighet – VR

Virtuell virkelighet defineres av SNL (2016) som:

«Virtuell virkelighet er en illusjon, vanligvis generert ved hjelp av ulike typer informasjonsteknologi, som gir brukeren en opplevelse av å befinne seg på et annet, oppdiktet eller virkelig sted»

Noe enklere forklart er virtuell virkelighet en datateknologi som gjør det mulig for brukeren å påvirke og bli påvirket av et dataskapt miljø. Det kan være et oppdiktet miljø eller et miljø som etterligner en virkelighet. De kunstig skapte miljøene omfatter ofte både syns- og lydinntrykk og blir gjerne framvist på en skjerm. Dette benyttes mye i dataspill og kombinasjonen gir brukeren en følelse av å befinne seg på et annet sted (SNL, 2016).

For byggenæringen gir VR mange muligheter, men så langt har bruken i hovedsak rettet seg mot prosjekteringsfasen. Ved å ta på seg VR-briller kan brukeren gå inn i BIM-modellen og se hvordan løsninger er planlagt. Det gir god romfølelse og bestiller kan bruke verktøyet til å se hele bygget før selve byggingen er startet (Byggeindustrien, 2019b). Den visuelle oversikten VR gir er med på å skape en felles forståelse mellom alle parter om hva som faktisk skal bygges. Brukeren kan også gjøre forandringer på bygget i prosjekteringsfasen, uten at kostnadene tilknyttet endringene er store (figur 4).



Figur 4: Kostnadsutvikling ved forandringer gjennom flere faser i et prosjekt (Kolltveit et al., 2009).

2.5.10 Radiofrekvensidentifikasjon (RFID) og Quick Response Code (QR)

RFID og QR har allerede vært benyttet i mange år. RFID brikkene er små og kan festes på, eller bygges inn i et produkt, dyr eller en person. De inneholder små antenner som sender og mottar informasjon og benyttes ofte til sporing og logistikk. Teknologien brukes av Posten for sporing av pakker, det finnes i adgangskort, betalingskort og billetter, og hver gang biler med bompengebrikker passerer en bomring brukes RFID for å identifisere hvem og hva som passerer (APXsystems, 2019).

Pilotprosjektet på Gol trafikkstasjon var Statsbyggs første prosjekt hvor de benyttet seg av RFID for å sikre effektiv logistikk på byggeplassen, og forenkle framtidig drift av bygget. All inntransport av produkter passerte en «bomring» som fanget opp alle byggevarer merket med radiobrikke. Dette ga hurtig informasjon om hvilke produkter som var med lasten. Gjennom samarbeid med byggevareindustrien og andre sentrale aktører ble komponenter tilknyttet ventilasjon, vann, elektronikk, dører, hengsler og vinduer merket med sporingsbrikker for å ha oversikt over produktene og øke effektiviteten i logistikkhåndteringen (TransformationTools, 2017).

Skanning av todimensjonale strekkoder er mest kjent gjennom handelsnæringen, men bruksområdene er mange, og man finner ofte en QR-kode på reklameplakater eller på emballasje. Ved å skanne koden med smarttelefonen får man raskt tilgang på informasjon.

Mulighetene med QR-koder er mange og byggenæringen kan i stor grad benytte teknologien. Store vareleveringer kan merkes med en kode som ved skanning gir nødvendig informasjon om hva som er i leveransen. På Gol trafikkstasjon ble QR-koder plassert på blant annet dør- og vinduskarmer. Med FDVU og digitalt bygg i bakhodet ble all form for papirdokumentasjon skrinlagt. Ved å skanne QR-koder på de forskjellige produktene får framtidig driftspersonell opp nødvendig informasjon om produktet.

2.6 Miljøaspektet

Samtidig som befolkningen i verden vokser, øker behovet for bygg-og anleggsnæringens ytelser, både nasjonalt og internasjonalt. I 1990 var verdens befolkning i overkant av 5 milliarder, og i 2050 vil vi være nærmere 10 milliarder (FN-Sambandet, 2018). Nasjonalt viser tall fra SSB (2018b) at Norges befolkning vil vokse fra dagens 5,3 millioner mot 6,5

millioner innen 2050. Befolkningsveksten og utviklingen ellers i samfunnet bidrar til sterk urbanisering, som igjen øker behovet for en bærekraftig utvikling med smarte løsninger og effektiv infrastruktur (BNL, 2017a).

Bygg- og anleggsnæringen har et stort ansvar, spesielt i ly av at næringen er blitt kjent som 40% næringen; «Bygg- og anleggsnæringen forbruker omtrent 40% av alle ressurser, omtrent 40% av all energi og produserer omtrent 40% av alt avfall årlig» (BNL, 2017a). Bare i Norge tilsvarer dette 1,9 millioner tonn avfall hvert år (SSB, 2019b).

Med befolkningsveksts på 30% mot 2050 må byggenæringen ta sin del av ansvaret for å redusere den globale ressursbruken samtidig som produksjonen økes.

Ved å ta i bruk digitale verktøy i byggenæringen håper man å kutte utslippene med 50% innen 2025 (BNL, 2017b). En av nøklene for å oppnå dette er å identifisere nye måter å jobbe på. Et viktig bidrag er digitalisering gjennom industrialisering, robotisering og automatisering (Regjeringen, 2016). Bruk av BIM-modell i mengdeberegning og bestilling av varer og tjenester kan begrense overskuddsmateriell, for eksempel ved bruk av «precut», materialer som er kuttet og tilpasset før det ankommer byggeplassen. Et annet eksempel er mengdeberegning på det som ansees som en av miljøverstingene, betong, som globalt står for omtrent 5% av verdens CO₂ utslipp (Forskning, 2016). Automatiske boreroboter borer med de korrekte innstillingene det eksakte antall hull man behøver med tilknyttet vakuumboringsuger som samler og binder alt betongstøv (nLink, 2019). Elektrifisering av anleggsmaskiner er et annet element, men det tas ikke opp i denne oppgaven.

2.7 Helse miljø og sikkerhet / Sikkerhet helse og arbeidsmiljø

Bygg- og anleggsnæringen består av mange små bedrifter, komplekse prosjekter med krav til spesialkunnskap, varierende behov for arbeidskraft, et høyt antall underentreprenører, kompliserte kontraktsforhold med anbudskonkurranser som praksis og en økende tendens til å sette ut tjenester. Mange ulike aktører, ofte unge med ulik kulturell bakgrunn inne for å utføre sine oppdrag, noen ganger bare noen timer, fører til at HMS-arbeidet på en byggeplass er svært krevende (Arbeidstilsynet, 2013).

Den samme rapporten viser til at bygg- og anleggsnæringens kompleksitet fører til at arbeiderne er eksponert for langt flere faktorer enn andre yrkesaktive. Med det menes lange arbeidsuker, nattarbeid, overeksponering for en rekke kjemiske og biologiske faktorer, da særlig tilknyttet støv og røyk, hudkontakt med løsemidler, avfettingsmidler, oljer og skjæremidler. Den viser også til at enkelte faggrupper er overeksponert for gasser, damper og organisk støv. Automatisering ved hjelp av borerobot, riverobot og gipsrobot kan bidra til mindre kontakt med spesielt støv og røyk (Arbeidstilsynet, 2013).

Rapporten tar også for seg ergonomiske utfordringer og fysisk eksponering. Høy eksponering for mange potensielt skadelige mekaniske og fysiske arbeidsmiljøfaktorer preger hverdagen til en yrkesaktiv innen bygg og anlegg. Det er spesielt tilknyttet repeterende hånd-arm-bevegelser, ugunstig arbeidsstillinger på kne eller med hender over skulderhøyde. Tungt fysisk arbeid med tunge og ubekvemme løft, av og til i kalde omgivelser fører til økt slitasje. Det gjør også vibrasjoner fra mye av utstyret som benyttes i arbeidshverdagen. Innføring av automatiserte verktøy, som borerobot, minsker behovet for personell som må jobbe i ugunstige arbeidsstillinger over skulderhøyde (Arbeidstilsynet, 2013). Vindusrobot for hjelp ved innsetting av vinduer benyttes på byggeplasser for å løfte på plass moderne 3-4 lags vinduer som kan veie flere hundre kilo. Elektriske riveroboter benyttes i flere prosjekter, og sparer maskinoperatøren for nærkontakt med farlig avfall og eventuelt fallende objekter forårsaket av rivningen (Anleggsmaskinen, 2017).

Summen av eksponeringen arbeiderene i bygg- og anleggsnæringen utsettes for fører til et økt antall rapporteringer om arbeidsrelaterte muskel- og skjelettsmerter som armsmerter, smerter i beina og ryggmerter. Nedsatt hørsel og arbeidsrelaterte luftveisplager er også vanlig, spesielt blant arbeidere over 40 år i yrkesgruppene vei-, anleggs-, stein- og murarbeidere, samt tømrere og trearbeidere. Videre rapporteres det om at det i perioden 2010-2011 var opp mot 40% av de vurderte prosjektene som ikke tilfredstilte enkeltkrav i byggherreforskriften (Arbeidstilsynet, 2013). Med hjelp av digitale verktøy kan noen av de arbeidsrelaterte plagene minkes ved bruk av for eksempel roboter. Håndholdte enheter på byggeplassen har ført til at tidligere operasjoner gjort på papir er forflyttet til smarttelefonen. Det har blant flere entreprenører blitt vanlig å gjøre rapportering om uønskede hendelser (RUH) fra smarttelefonen. Tidligere var det vanlig at RUH ble skrevet på en ferdigutformet mal på papir, denne måtte leveres til HMS-ansvarlig før den

ble ført inn digitalt. Dagens løsninger tillater håndverkeren å føre inn den uønskede hendelsen på mobilen med et bilde som vedlegg. Det sendes direkte til HMS-ansvarlig som kan iverksette tiltak (SmartDok, 2018).

PEAB har fra sine prosjekter erfart at det er en sammenheng mellom antallet rapporteringer av uønskede hendelser og antallet H₁ skader. Rapporteringer av uønskede hendelser er tilnærmet motsatt proporsjonalt med H₁ skader. Når antallet RUH rapporteringer går opp, går antallet H₁ skader ned, og motsatt (figur 5).



Figur 5: Den gule linjen representerer antall rapporter om uønskede hendelser. Den røde linjen representerer antallet h₁ skader (PEAB, 2019).

3 Metode

«En metode er en framgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme fram til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder» (Aubert, 1985, s.196).

3.1 Forskningsstrategi

Heldigitalisering av byggeplasser ble tidlig utpekt som et aktuelt tema for masteroppgaven da en daværende masterstudent tipset meg om temaet våren 2018. Denne studenten henviste til konkrete prosjekter og kom med interessante problemstillinger, og undertegnede var innstilt på oppgaven om heldigitale byggeplasser fram til høsten 2018. Gjennom initiativ fra et ledende konsulentfirma, ble det ytret ønske om at noen studenter kunne skrive oppgave i samarbeid med dem om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA), samt rapportering av uønskede hendelser på byggeplass. Engasjementet rundt oppgavene var stort og temaet virket spennende. Det ble avholdt flere møter med sentrale aktører om temaet, men etter omkring fem ukers litteraturstudier og møtevirksomhet viste det seg at det aktuelle datagrunnlaget var noe tynt, og interessen for videre jobb med temaet falt betydelig.

Med heldigitalisering av byggenæringen i bakhodet ble temaet endret tilbake til opprinnelig plan, og innhenting av litteratur og bakgrunnsstoff ble iverksatt. Byggenæringens «digitale veikart mot 2025» (BNL, 2017b) ble raskt identifisert. I løpet av noen få dager ble det opprettet kontakt med tre forskjellige prosjekter og gjennomført 13 innledende telefonintervjuer med representanter fra byggherre, prosjekterende og entreprenører. De utvalgte var direktør, prosjektledere, anleggsledere, BIM-koordinatorer, driftsledere, baser, fagarbeidere og rådgivere, og representerte ulike syn på hvordan digitaliseringen av byggenæringen foregår. Intervjuene var korte med varighet på mindre enn ti minutter og handlet i hovedsak om hvordan byggenæringen digitaliserer og hvilke utfordringer de møtte på i de aktuelle pilotprosjektene. Dette ble utført for å finne ut hvilke tiltak som var iverksatt, og om næringen hadde noen ønskelige temaer eller vinklinger, som kunne være med på å forme oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål.

Etter de innledende intervjuene ble tilbakemeldingene fra næringen studert nærmere gjennom litteraturstudier. Det ble da fattet interesse for flere av de digitale verktøyene som var prøvd ut i prosjektene. I BNL (2017b) sitt veikart heter tiltakene «digital byggeplass», som innebærer bruk av digitale løsninger på byggeplass. På prosjektene gjaldt det i hovedsak bruk av digitale verktøy som BIM-kiosker, droner, AR og VR teknologi, automatisering ved hjelp av roboter og bruk av håndholdte enheter som nettbrett og smarttelefon. Sammen med disse digitale verktøyene ble deler av «det digitale veikart mot 2025» (BNL, 2017b) bakgrunnen for oppgaven.

Etter at bakgrunnen for oppgaven var satt ble problemstillingen utformet sammen med de tilhørende forskningsspørsmålene. For å svare på forskningsspørsmålene fortsatte jobben med å innhente relevant informasjon og teori. Med begrensede bakgrunnskunnskaper fortsatte arbeidet med å gjennomgå grunnleggende teori om temaet og teknologien bak de aktuelle digitale verktøyene ved å lese gjennom rapporter og artikler, samt tidligere bachelor- og masteroppgaver. Kildehenvisninger fra aktuell litteratur førte ny litteratur fram i lyset. Litteratursøket ga en bredere og mer grunnleggende forståelse for tematikken, byggenæringens behov for nytenkning og de digitale verktøyene. Den økte forståelsen av den innsamlede teorien dannet grunnlaget og kunnskapen til å utforme videre datainnsamling, i form av dybdeintervjuer og en spørreundersøkelse.

Det var tidlig ønskelig å bygge opp oppgaven kvalitativt. Flere av de digitale verktøyene prosjektene har brukt, har vært lite benyttet i byggenæringen, og datagrunnlaget var dermed noe begrenset. En kvalitativ tilnærming får tak i intervjupersonens egen beskrivelse av den livssituasjonen han eller hun befinner seg i (Dalland, 2007), som i dette tilfellet handler om digitalisering av byggenæringen. Gjennom dybdeintervjuer av personell med forskjellig tilnærming til bruken av digitale verktøy i byggenæringen, sikter oppgaven på å belyse flere sider og meninger om temaet. Samtaler med veileder førte oppgaven til å benytte kvalitativ metode og tilhørende kvantitativ metode i form av en spørreundersøkelse for å underbygge og tallfeste meningen til de ulike intervjuobjektene. Det brede utvalget av intervjupersoner sammen med spørreundersøkelsen kan være med på å styrke oppgavens troverdighet (Tjora, 2010).

Arbeidet med å utforme en intervjuguide avslørte at kunnskapsnivået etter de innledende telefonintervjuene og litteraturstudiet fortsatt var for tynt til å gjennomføre gode intervjuer. Det dukket stadig opp nye spørsmål og søk på nett og i litteratur ga ikke gode nok svar. Dermed ble den første intervjuguiden i langt større grad en opplisting av spørsmål, enn en introduksjon til oppgaven og oppgavens hovedtemaer. Det første intervjuet ble derfor gjennomført med BIM-koordinator på Statsbyggs prosjekt ved HiØ. BIM-koordinatoren satt på mye kunnskap og var en av initiativtagerne for papirfri byggeplass på HiØ. Intervjuet ga svar på mye, spesielt de grunnleggende ideene tilknyttet heldigitalisering av byggenæringen. Det ga selvtillit inn i intervju nummer to, som var med BIM-koordinatoren på Statsbyggs prosjekt på Gol. Intervjuet gikk mer i dybden på de digitale verktøyene og teorien bak. Dette ga ny og essensiell informasjon som ble benyttet i siste oppdatering av det som ble intervjuguiden. Guiden ble sendt til intervjudeltagerne i forkant av hvert intervju (vedlegg 1).

Dybdeintervjuene ble gjennomført med fagpersoner i forskjellige stillinger. For å få svar på forskningsspørsmålene var det viktig å framskaffe ulike syn og meninger om de digitale verktøyene som ble benyttet i de forskjellige prosjektene. Flere av deltagerne i de innledende intervjuene ble med videre og deltok som informanter i dybdeintervjuene. Det var prosjektledere, anleggsledere, driftsledere, prosjekteringsledere samt baser innenfor tømmer og betong. Det overordnede bildet innføringen av digitale verktøy medførte kom gjerne fra prosjektlederen, mens basene, som benyttet verktøyene i det daglige hadde en mer praktisk tilnærming.

De ukene intervjuene foregikk var hektiske med reising til de forskjellige intervjuobjektene fra Moss i Østfold til Ål i Hallingdal. For å holde en best mulig flyt i samtalene ble det benyttet lydopptaker, og etter endt intervju ble disse lyttet til og skrevet ned i notatform. De første intervjuene førte med seg ny og spennende informasjon, som ble tatt med videre inn i nye intervjuer. Mot slutten av intervjuperioden var det meste sagt, og det var utfordrende å holde fokus gjennom et helt intervju. Heldigvis var intervjuobjektene dyktige og de svarte godt for seg. Det siste intervjuet ble gjennomført i starten av april og med et solid datagrunnlag begynte analysejobben.

Notatene fra lydopptakene dannet grunnlaget for utarbeidelsen av resultatkapittelet. De ble nøye analysert og informasjonen ble kategorisert etter fellestrekk. For best mulig struktur ble resultatkapittelet strukturert etter de digitale verktøyene. Tilbakemeldingene som ble nevnt oftest dannet hoveddelen av hvert delkapittel, og det som skilte seg ut ble nevnt i siste del.

Resultatene ble diskutert i diskusjonskapittelet gjennom fordeler og ulemper. Forfatteren forsøkte å benytte kilder fra ulike bransjer for å underbygge resultatene, både positivt og negativt. Resultatene og diskusjonen dannet så grunnlaget for oppsummeringskapittelet hvor forfatteren konkluderer.

Tabell 2: Oppgavens forskningsstrategi

1. Litteratursøk	Litteratursøk som omhandlet heldigitalisering av byggenæringen fra et overordnet nivå til de digitale verktøyene
2. Utarbeide teori og vurderingsgrunnlag	Utarbeide og forstå implementeringen av digitaliseringsverktøy gjort i næringen
3. Innsamling av data	Samle informasjon gjennom intervjuer fra representanter for de tre prosjektene
4. Analyse	Analysere innsamlet data og forme resultatet ved bruk av score
5. Diskusjon	Diskutere resultatet
6. Konklusjon	Oppgavens innhold og resultater konkluderes

3.2 Valg av forskningsmetode

Denne oppgaven søker etter å identifisere og analysere de digitale verktøyene som er benyttet for å digitalisere byggenæringen på veien mot målene satt i «Det digitale veikartet mot 2025» (BNL, 2017b). Gjennom å identifisere verktøyene og få en kvalitativ vurdering av de ønsker forfatteren å svare på forskningsspørsmålet.

For å få en bedre forståelse av dagens situasjon, samt de digitale verktøyene benyttes en kvalitativ tilnærming gjennom dokumentstudier og intervjuer. Dalland (2007) beskriver kvalitativ metode som godt egnet til å fange opp meninger og opplevelser som ikke lar seg tallfeste eller måle. Derfor er det i oppgaven valgt å bruke dybdeintervjuer for å studere meninger, holdninger og erfaringer nøkkelpersonell i de aktuelle prosjektene har dannet seg. Gjennom dybdeintervjuer kan man skape en situasjon hvor en relativt fri samtale beveger seg innenfor noen spesifikke forhåndsbestemte temaer med en avslappet stemning rundt (Tjora, 2010). Med en relativt romslig tidsramme på omtrent en time er ønsket at informanten skal reflektere over egne erfaringer og meninger rundt det aktuelle temaet. Åpne spørsmål oppfordrer informanten til å gå i dybden av temaet, og gjerne skape digresjon ved å komme inn på temaer eller momenter som kan gi intervjueren nyttig og viktig informasjon som ikke var tenkt ut på forhånd (Tjora, 2010).

Selv om dybdeintervjuene, gjort med forskjellige roller i prosjektene, utforsker nyanser og subjektive erfaringer kan grunnlaget bli noe tynt. Oppgaven søker derfor å kvantifisere svarene til informantene gjennom en kvantitativ spørreundersøkelse om de digitale verktøyene som er benyttet (Dalland, 2007). Ved metodetriangulering kan en spørreundersøkelse gi statistiske verdier som øker oppgavens troverdighet ved å underbygge data samlet inn gjennom intervjuer. Styrken til et spørreskjema er at spørsmålene er ferdig formulerte og standardiserte. Dermed vil respondentene ifølge Dalland (2007) svare på de samme spørsmålene, stilt på samme måte, i samme rekkefølge. Et godt eksempel er i en intervjusituasjon hvor de forskjellige informantene snakker varmt om et spesifikt digitalt verktøy, men det kan være vanskelig å tolke hvor bra de *egentlig* synes det aktuelle verktøyet er. Ved bruk av en spørreundersøkelse får informanten muligheten til å gi en konkret «score» på de digitale verktøyene. Forskersubjektiviteten som oppgaven kan bære preg av ved kun å benytte kvalitative analyser alene kan derfor delvis elimineres (Tjora, 2010).

Tabell 3: Benyttede metoder for å besvare forskningsspørsmålene

Forskningsspørsmål	Metode for besvarelse
«Hvilke erfaringer har byggenæringen så langt med bruk av digitale verktøy?»	- Intervju - Svar på forskningsspørsmål - Spørreundersøkelse - Dokumentstudier
1. Hvilke digitale verktøy benytter byggenæringen?	- Innledende intervjuer - Spørreundersøkelse - Dokumentstudier - Intervjuer
2. Hvilke utfordringer medfører digitaliseringen?	- Intervjuer
3. Hvilke gevinster medfører digitaliseringen?	- Intervjuer

3.2.1 Dokumentstudier

Vet å gjøre dokumentstudier kan en generere og analysere empiriske data og skaffe informasjon om saksforhold som er nedtegnet på bestemte tider og steder (Tjora, 2010). I oppgaven er det benyttet dokumentstudier for å danne en grunnleggende forståelse til utarbeidelse av teorikapitlet og intervjuer. Det er gjort gjennom studier av tidligere forskningsdokumenter som inkluderer rapporter, tidligere oppgaver, tidsskrifter, politiske dokumenter, relevante bøker og artikler, samt byggrelaterte nettsteder. Grunnlaget fra dokumentstudiet har sammen med innledende intervjuer påvirket metodevalg for innhenting av data og informasjon som ikke var kjent, noe som videre dannet grunnlaget for oppgavens problemstilling. Studiet viste at det finnes mye informasjon om enkelte av de digitale verktøyene som ble benyttet i pilotprosjektene, spesielt innenfor bruk av BIM og BIM-kiosk. Det viste også at det er noe begrenset forskning på effektene ved bruk av enkelte av verktøyene denne oppgaven ser på, som borerobot og framdriftsplanlegging i 4D. Fordelene med dokumentstudiet er at disse kan gi relevant litteratur av høy kvalitet. Svakheten er at dokumentene benyttet i forfatterens forskningsarbeid i hovedsak er produsert for andre formål enn forskning (Tjora, 2010).

3.2.2 Databaser

Oppgavens litteratur er i all hovedsak hentet ved hjelp av søkemotorene og databasene Google, Google Scholar, Oria, Store norske leksikon og Statistisk sentralbyrå. Google Scholar er Googles egen database for vitenskapelige artikler, bøker og rapporter (GoogleScholar, 2019). Oria er en landsdekkende søkemotor som tillater søk i universitetsbibliotekene og andre fagbibliotek som dekker bøker, artikler, tidsskrifter og publikasjoner (Oria, 2019). Denne søkemotoren er benyttet for innhenting av faglitteratur og eksisterende forskning om digitalisering av byggenæringen. Mange av oppgavene med overlappende tema gir mulighet for gode treff via søk i referanselister. Store norske leksikon er benyttet for innhenting av faktaopplysninger (SNL, 2019). Statistisk sentralbyrå er benyttet for statistikker tilknyttet oppgaven, og gir norsk statistikk relatert til økonomi, befolkning og samfunn på alle nivåer (SSB, 2019a). Google er benyttet for å innhente informasjon tilknyttet avisartikler, da spesielt mot byggenæringen som bygg21 og byggeindustrien, leserinnlegg og andre artikler fra tidsskrifter som ofte har ført videre til forskningsartikler via referanser (Bygg21, 2019; Byggeindustrien, 2019a; Google, 2019).

3.2.3 Søketechnik

Bakgrunnen for dokumentstudiet var å få en bredere, og etterhvert dypere forståelse for heldigitalisering av byggenæringen og mulighetene det gir, ikke bare for næringen, men for hele samfunnet. Søkene ble gjort på norsk og engelsk, og førte til mange treff. Søkene som gikk igjen var «heldigital byggeplass», «papirfri byggeplass», «digitalisering bygg», «digital construction site», «digital bygg».

3.3 Reliabilitet og validitet

For å sikre god validitet (gyldighet) må de riktige tingene måles, og for å sikre god reliabilitet (pålitelighet) må tingene måles på riktig måte.

3.3.1 Validitet

For å sikre god validitet må de riktige tingene måles, og de må være relevante for problemstillingen. Når mennesker utgjør informasjonskilden er det viktig å finne de som gir mest utfyllende svar på de spørsmålene som problemstillingen reiser (Dalland, 2007). Derfor søker denne oppgaven å hente informasjon fra pilotprosjekter innenfor temaet. Informanter fra ulike roller og prosjekter kan belyse flere sider av den pågående

digitaliseringen i næringen. Samtidig er det essensielt at spørsmålene som blir stilt er gjennomtenkt og fanger opp sentrale sider ved problemstillingen (Dalland, 2007).

For å styrke validiteten ønsker forfatteren å kvantifisere deler av datagrunnlaget. Det gir tallfestede svar på informantens meninger og begrenser forskerens påvirkning på svarene. Et spørreskjema gir standardiserte spørsmål, og spørsmålene blir stilt på samme måte og i samme rekkefølge (Dalland, 2007).

Tjora (2010) anbefaler et minimum av 15 dybdeintervjuer. Dette for å sikre den validiteten som kreves for å publisere forskningsarbeidet i et godt forskningstidsskrift. Samtidig poengterer Tjora (2010) at det er omtrentlige anbefalinger da ulike disipliner, tradisjoner og forskningstema stiller ulike krav til empirisk bredde. Denne oppgaven har benyttet seg av 13 dybdeintervjuer fordelt på tre prosjekter.

Tjora (2010) beskriver forskning forankret i annen relevant forskning som den viktigste kilden til høy validitet. Derfor søker rapporten å gjøre sammenligninger med tidligere forskning gjennom dokumentstudier av rapporter, artikler og tidligere oppgaver.

3.3.2 Reliabilitet

Sett i lys av positivistisk tradisjon er idealet nøytrale eller objektive observatører. En forskers engasjement og subjektivitet kan sees på som støy og påvirke resultatet negativt (Tjora, 2010). Samtidig krever gode resultater et stort engasjement fra forskeren. Det kan også styrke reliabiliteten ved at forskerens engasjement bringer inn nye tanker og aspekter om det aktuelle temaet. Tjora (2010) beskriver det som en helt nødvendig ressurs, men at det er viktig med åpenhet om egen forutforståelse, og å være forberedt på å justere den.

Selv om datamaterialet i utgangspunktet kan virke relevante, må det være samlet inn på en slik måte at det er pålitelige (Dalland, 2007). I en intervjusituasjon finnes det mulige feilkilder i selve kommunikasjonsprosessen. Dalland (2007) beskriver flere, blant annet hvordan informanten oppfatter et spørsmål og om intervjueren forstår svarene riktig. Bakgrunnskunnskaper gjennom dokumentstudier øker kunnskapsnivået og gir bedre forutsetninger for å stille gode spørsmål, samtidig som det kan være en ulempe ved at intervjueren tar med seg forutinntattheter (Tjora, 2010).

For å sikre informasjon, og unngå at elementer forsvinner anbefaler Tjora (2010) bruk av lydopptaker og fullstendig transkribering av materialet i etterkant av intervjuet. Tjora (2010) referer til Kvale (1997) som påpeker at det ikke finnes objektiv oversettelse fra muntlig til skriftlig form. Derfor er det ofte smart å være mer detaljert når en transkriberer enn det en tror er nødvendig (Tjora, 2010).

3.4 Intervju

For å få et best mulig overblikk over dagens situasjon, hvordan pilotprosjektene har digitalisert og de ansattes innstilling og erfaring med heldigitale byggeplasser, ble det benyttet dybdeintervjuer (Tjora, 2010). Dybdeintervjuer gir en relativt fri samtale som kretser rundt noen spesifikke temaer beskrevet i intervjuguiden. Ved å benytte kvalitative intervjuer sikter man på å gå i dybden og, det er presisjonen i beskrivelsen og fortolkningen av informantens meninger som er det kvalitative intervjuets styrke (Dalland, 2007). Denne oppgaven omhandler byggenæringen, som med sine mange aktører kan ha ulike metoder og meninger om hvordan ting er, og bør gjøres. For å få bredde i intervjuene har derfor denne oppgaven benyttet mellom fire og fem intervjuobjekter fra de tre ulike prosjektene. Det bør gi et representativt utvalg av informanter med erfaring tilknyttet bruk av digitale verktøy i byggenæringen.

3.4.1 Valg av intervjuobjekter

Intervjuobjektene ble til etter hvert som oppgaven formet seg, en utvalgsmetodikk Tjora (2010) beskriver som snøballmetoden. «*Man begynner med et lite utvalg, som gradvis vokser ved at forskeren får tips til nye informanter fra førstekontaktene*» (Tjora, 2010). Gjennom en bekjent i Veidekke ble det opprettet kontakt med anleggslederen på ett av pilotprosjektene oppgaven ser på. Anleggslederen ga tips om nye informanter som hadde tilknytning til prosjektet og kunne bidra i oppgaven. Disse ble kontaktet direkte på telefon hvor bakgrunnen for oppgaven ble presentert. Samtalen tok også for seg de digitale verktøyene som var benyttet i prosjektet og det ble spurt om den enkeltes tanker og meninger om verktøyene. Samtalen fungerte derfor som et innledende intervju. En som viste stor interesse av oppgaven og dens problemstilling var byggherrens prosjektleder i prosjektet ved HiØ. Vedkommende var også prosjektleder i Statsbyggs digitale prosjekt på Gol trafikkstasjon, noe som medførte at forfatteren fikk kontaktinformasjon til de som jobbet på prosjektet. Til det tredje prosjektet oppgaven tar for seg, Carl Berner Torg, fikk

forfatteren kontaktinformasjon til prosjektlederen gjennom en tidligere arbeidsgiver. Det resulterte i kontaktinformasjonen til samtlige medarbeidere på prosjektet.

Denne informasjonen gjorde det mulig å kontakte de potensielle intervjuobjektene med bruk av strategisk metode som sikrer en fornuftig bredde fra de ulike rollene i prosjektene (Tjora, 2010). Alle ble kontaktet direkte via telefon og tilbakemeldingen for oppgaven og et eventuelt intervju var utelukkende positivt. Totalt ble 18 personer kontaktet for innledende intervjuer. Av disse ble i alt 13 av intervjuene videreført til dybdeintervjuer på et senere tidspunkt i prosessen. Noe som sikret et representativt utvalg fra hvert prosjekt (Tjora, 2010).

Tabell 4: Gruppering av intervjuobjekter

Kategori	Prosjekt	Rolle	Dato for intervju
Entreprenør	HiØ	BIM-koordinator	13.03.2019
Byggherre	HiØ	Prosjektleder	27.03.2019
Entreprenør	HiØ	Anleggsleder	27.03.2019
Entreprenør	HiØ	Tømrerbas	28.03.2019
Entreprenør	HiØ	Driftsleder	03.04.2019
	Gol		
Prosjekterende	Trafikkstasjon	BIM-koordinator	18.03.2019
	Gol		
Byggherre	Trafikkstasjon	Prosjektleder	27.03.2019
	Gol		
Entreprenør	Trafikkstasjon	Prosjektleder	29.03.2019
	Gol		
Entreprenør	Trafikkstasjon	Anleggsleder	29.03.2019
Entreprenør	Carl Berner Torg	Prosjekteringsleder	26.03.2019
Entreprenør	Carl Berner Torg	Produksjonsleder	26.03.2019
Entreprenør	Carl Berner Torg	Anleggsleder - Betong	26.03.2019
Entreprenør	Carl Berner Torg	Prosjektleder	02.04.2019

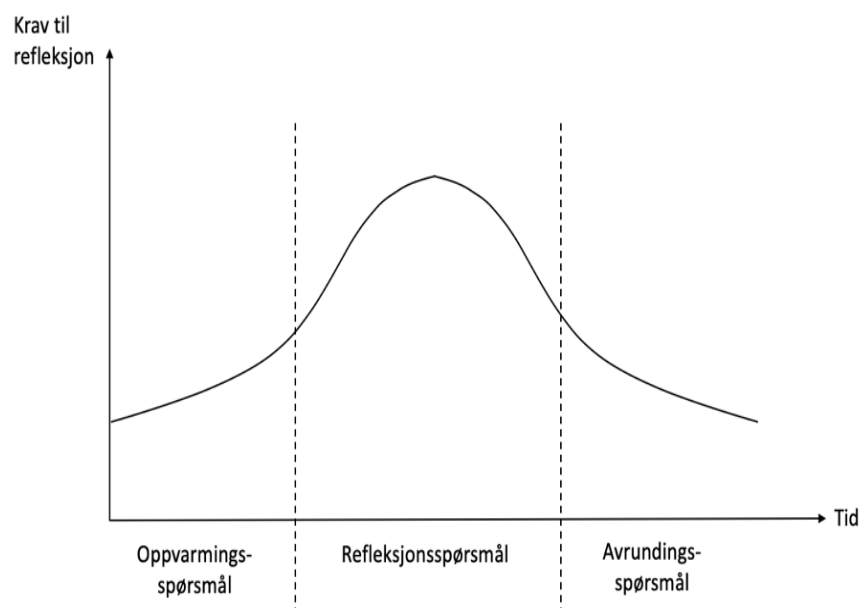
3.4.2 Forberedelse

Dato for intervjuene ble avtalt over telefon i god tid før selve intervjuet. For å unngå misforståelser ble det også vekslet tekstmeldinger dagen i forveien, eller på selve intervjudagen, for å bekrefte møtet. Selv om informantene var spredd over store geografiske områder var det ønskelig å treffe informantene personlig. Intervjuer gjort over telefon går glipp av muligheten til å fange opp kroppsspråk, eksempelvis ved å nikke for å få informanten til å prate videre. Et personlig møte skaper i større grad en atmosfære hvor intervjuobjektet kan prate fritt og reflektere over egne meninger med rom for digresjoner (Tjora, 2010). Derfor ble alle informanter oppsøkt på deres eget arbeidssted, noe som gjør det enklere for informanten og takke ja til intervjuet, samt at informanten er i kjente og trygge omgivelser som kan bidra til bedre atmosfære.

En intervjusituasjon kan være krevende for begge parter. Det er et møte mellom mennesker som har forventninger til møtet. Denne forventningen vil spesielt sette sitt preg på de første minuttene av møtet, og det er viktig at intervjuer leverer et godt førsteinntrykk (Dalland, 2007). For å begrense usikkerheten rundt møtet ble det forberedt en intervjuguide, denne oppsummerte hovedtemaene for intervjuet og ble sendt ut til informantene på forhånd.

3.4.3 Gjennomføring

Gjennomføringen av de to første intervjuene støttet seg på et notat som besto av mange spørsmål, da det på dette tidspunktet fortsatt var usikkerhet rundt oppgavens tema. Intervjuene, som ble gjort med to BIM-koordinatorer, var på et mer overordnet nivå og fungerte som læring for å finne ut hva oppgaven egentlig ville finne ut av. Samtalene ga gode svar og tema ble satt. De resterende intervjuene støttet seg på den endelige intervjuguiden som fulgte en grunnleggende struktur bestående av oppvarmingsspørsmål, refleksjonsspørsmål og avrundings spørsmål (figur 6).



Figur 6: Skjematisk framstilling av hvordan krav til refleksjon varierer i løpet av intervjuet (Tjora, 2010).

Oppvarmingsspørsmålene var ikke nøye planlagt, men tok for seg løs prat, eksempelvis dagens vær og informantens bakgrunn. Ifølge Tjora (2010) vil dette skape en trygghet hos informanten om at han eller hun behersker situasjonen. Før den formelle delen av intervjuet ble det gitt informasjon om bakgrunnen for oppgaven. Det ble også avklart om informanten godtok at samtalen ble tatt opp med lydopptaker i form av forfatterens smarttelefon. Et lydopptak av samtalen gir visshet om at det som blir sagt lagres til senere, og fokuset holdes på samtalen og informanten. Det kan bidra til god kommunikasjon og flyt gjennom intervjuet (Tjora, 2010).

Refleksjonsfasen var i de første intervjuene satt. Tjora (2010) beskriver det som en «modningsfase» hvor intervjueren holder seg til intervjuguiden og informanten forventer en formell situasjon hvor det blir stilt konkrete spørsmål som informanten svarer på. Etter hvert som forfatteren fikk økt erfaring, ble intervjuene mer frigjort fra intervjuguiden og intervjuet gikk over til å bli en samtale med god flyt. Avslutningsvis ble det stilt noen avrundings-spørsmål som ga informanten muligheten til å kommentere potensielle elementer som var utelatt. De som hadde tid tilgjengelig fylte også ut spørreundersøkelsen etter at intervjuet var avsluttet.

Det ble satt av 45-60 minutter til hvert intervju i intervjuguiden. Gjennomsnittlig varighet var på 50 minutter.

3.4.4 Etterarbeid

Etter endte intervjuer var fokuset på å lytte til opptaket av intervjuet så raskt som mulig. Enkelte intervjuer ble lyttet til med det samme, andre tok inntil et par dager før de ble lyttet til, og tatt notater fra. Aller helst burde prosessen vært gjort med det samme og med en fullstendig transkribering. Det er ofte smart å være mer detaljert i transkriberingen enn det en tror er nødvendig, da en ikke alltid vet hva som er de signifikante elementene, som når informanten bruker tid på å lete etter ord som kan synliggjøre en usikkerhet (Tjora, 2010). I dette tilfellet hvor oppgaven var noe på etterskudd, ble det derimot viktig å se på hva som er hensiktsmessig av transkribering all den tid det ikke finnes noen objektiv oversettelse fra muntlig til skriftlig form (Kvale, 1997). Derfor ble det i samråd med veileder avgjort at notater fra hvert lydopptak var tilstrekkelig, selv om det potensielt mangler enkelte sitater eller følelsesmessige aspekter som kunne gitt oppgaven større verdi. Notatene fra intervjuene ga totalt 43 sider.

3.5 Spørreundersøkelse

De kvalitative forskningsmetodene baserer seg på grunnlag av forfatterens spørsmål og måten de stilles på. Direkte kontakt med mennesker som deler sine erfaringer vil påvirke forfatteren, og når resultatene fra intervjuene summeres opp vil inntrykkene fra menneskene farge arbeidet (Dalland, 2007). Derfor er det utarbeidet en spørreundersøkelse for å kvantifisere svarene gitt i intervjuene. Spørreundersøkelsen baserer seg på de digitale verktøyene som er prøvd ut i prosjektene (vedlegg 2). Målet med undersøkelsen er å skille svarene gitt i intervjuet ved å sette en «score» på de forskjellige verktøyene. Mennesker ordlegger seg på forskjellig måte, og en informants tilfredshet med et verktøy kan ytres som «bra» i intervjuet med gitt score fem av fem mulige i spørreundersøkelsen. En annen informant kan ytre en stor tilfredshet med verktøyet, men gi det fire av fem mulige poeng i spørreundersøkelsen. Fordelen med kvantifisering er at spørsmålene er de samme, stilt på samme måte hver gang, i motsetning til en intervjusituasjon som kan være farget av intervjuers tidligere erfaringer eller dagsform. Det bidrar til å styrke kvaliteten på innhentet data fra en spørreundersøkelse (Dalland, 2007).

Hovedvekten av spørreundersøkelsene ble levert ut til informanten etter endt dybdeintervju. De som ikke hadde mulighet til å svare direkte etter intervjuet fikk den tilsendt på e-post i etterkant av intervjuet. I tillegg til intervjuobjektene ble spørreundersøkelsen tilsendt 4 personer som har vært tilknyttet oppgaven. 11 av totalt 17 personer har svart på undersøkelsen. Spørreundersøkelser gir i utgangspunktet mulighet til å innhente langt større datamengder (Dalland, 2007) enn det som er innhentet i oppgaven. Bakgrunnen for det begrensede grunnlaget er at hovedpoenget i oppgaven har vært å kvantifisere informasjonen gitt gjennom dybdeintervjuer av informanter tilknyttet pilotprosjekter, ikke å gjøre en masseundersøkelse i byggenæringen.

For å enklere tallfeste spørreundersøkelsen ble det gitt tall fra 1-5, som representerte henholdsvis; ikke fornøyd – mindre fornøyd – fornøyd – veldig fornøyd – særdeles fornøyd.

4 Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatene som er kommet fram i oppgaveprosessen. Først presenteres de digitale verktøyene, deretter forutsetninger for digitalisering.

4.1 Digitaliseringstiltak i byggenæringen

Intervjuene avdekket at «graden» av digitalisering i prosjektene var ulike. Statsbyggs pilotprosjekt på Gol ble beskrevet som en «digital prøvekanin» mens Carl Berner Torgprosjektet var med moderat i sin «grad» av digitalisering. Statsbygg prosjektet på HiØ plasserer seg et sted imellom.

Alle prosjektene benyttet BIM i prosjektering og produksjon. Prosjektet på Gol forsøkte BIM helt opp i 7 dimensjoner mens prosjektet på HiØ benyttet 5 dimensjoner. BIM-kiosk, digitale håndholdte enheter og drone ble benyttet i samtlige prosjekter. Statsbyggprosjektene testet også ut digital oppslagstavle. Digital simulator, automatisering med borerobot, AR, VR, RFID og QR ble forsøkt i prosjektet på Gol trafikkstasjon.

4.2 Evaluering av de digitale verktøyene

I delkapitlene evalueres bruken av de digitale verktøyene.

4.2.1 BIM

«Så lenge alt er digitalt finnes det bare en versjon, den nyeste»

Bim-koordinator, Gol trafikkstasjon

Bygningsinformasjonsmodell ble benyttet i både prosjektering og produksjon. Fra modellen gjennomføres krasjtester og entreprenøren kan gjøre mengde- og materialuttak. Presisjonsnivået i modellen var så høyt at prosjektet på HiØ bestilte «precut» fra produsentene som innebærer at byggematerialene er ferdig kuttet til eksakt lengde. Det reduserte prosjektets miljøavtrykk i form av mindre svinn.

Gol prosjektet forsøkte seg som et *tegningsløst* prosjekt. Arbeiderne var ment å bare benytte 3D-modellen gjennom prosjektet. Behovet for nøyaktig målsetting gjorde at tegninger i PDF-format måtte benyttes. Besparelsene ved digitalisering av tegninger er betydelige og

kom på nesten 500 000 kroner i Carl Berner Torg-prosjektet. Entreprenørene unngår også administrasjon av arkiver og distribusjon av tegninger, noe enkelte informanter anslår til å være én stilling i et stort prosjekt.

Modell modenhetsindeks (MMI) ble testet på Gol som et tiltak for å bedre prosessene når prosjektering og bygging foregår parallelt. Dette innebærer ifølge BIM-koordinatoren på Gol at hvert element i BIM modellen får en modenhetsindeks. En spesifikk vegg kan få status «forslag til plassering» og krever aksept fra entreprenør før den er «klarert for tverrfaglig kontroll». Deretter følger «godkjent tverrfaglig kontroll» og «klart for utførende». Prosjekteringsleder på Carl Berner Torg forteller at de benytter et lignende system for å unngå bygging av elementer som ikke er klarert. For å gjøre det enkelt får objektene farge i 3D-modellen utfra hvilken modenhetsindeks de har.

Visuell framdriftsplanlegging – 4D

Framdriftsplanlegging i 4D ble forsøkt både på Gol trafikkstasjon og på HiØ. Det er et tidkrevende og kostbart verktøy som krever en person som jobber dedikert med oppgaven, og at alle fag samkjører sine aktiviteter nøyaktig. Den visuelle effekten i planleggingen opplever driftslederen ved HiØ som velegnet i tidligfase. Parallelle prosesser som kommer i konflikt er enklere å oppdage når de er visualisert i en 3D-modell i motsetning til i 2D.

Informantene understreker at det er nødvendig at entreprenøren samarbeider med de prosjekterende i utarbeidelsen av planen for å unngå misforståelser. Framdriftsplanlegging i 4D kan oppdateres med skanning av bygget for å følge utviklingen, noe driftslederen ikke ser nytte av da framdriften enkelt kan følges ved å gå ut på byggeplassen.

Planlegging i 4D medvirket til økt sikkerhet i prosjektet og bidro til at prosjektene vant hver sin sikkerhetspris i form av «gullhjelm» og Veidekkes sikkerhetspris.

Kostnadskontroll i modell – 5D

Begge pilotprosjektene forsøkte seg på kostnadskontroll i modellen. Ved å ilegge en graf nederst i framdriften vises kostnadene parallelt med framdriften. For å benytte seg av dette må entreprenør og byggherre ha åpen økonomi. Fordelen med implementeringen er muligheten til å sette statusoppdatering og se kostnadskonsekvensen av eventuelle

endringer i framdriftsplanen. Innføringen krevde at alle leverandørene leverte priser tilknyttet modellen.

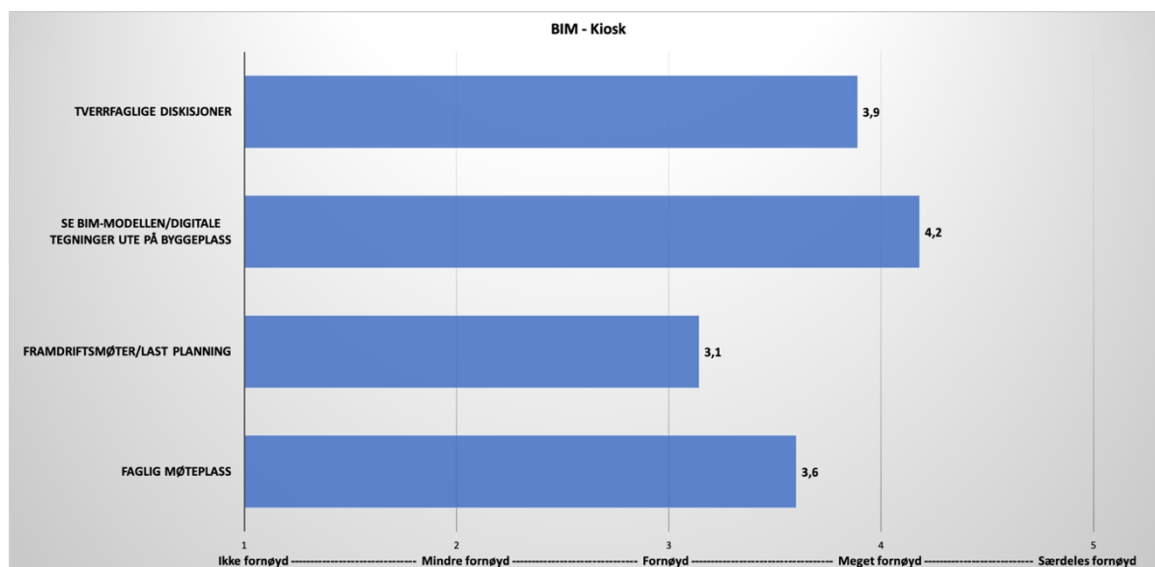
4.2.2 BIM-kiosk

Gjennom intervjuene kom det fram at BIM-kiosk er et nyttig verktøy på byggeplassen, selv om enkelte mener at den i mange prosjekter er overflødig da et nettbrett eller en smarttelefon dekker de samme behovene. Får arbeiderne beskjed om at BIM-kiosken erstatter byggetegninger faller mange av mulighetene bort, og en PC plassert på brakka dekker de samme behovene. Ved å definere bruksområdene vil nytten være langt større mener BIM-koordinatoren på HiØ. Brukes kiosken som et samlingspunkt mellom fagene ute på byggeplassen kan dagens/ukens aktiviteter gjennomgås og diskuteres slik at alle får en oversikt over hva som skal foregå de kommende dagene. Dette skaper forståelse for andre fags oppgaver og utfordringer, og bidrar til økt sikkerhet og bedre samhandling mellom fagene, mener BIM-koordinatoren. Andre informanter støtter tanken, men informerer om at dette ofte gjøres på store skjermer i framdriftsmøtene, slik at hovedforskjellen er om møtene foregår på brakka eller rundt en BIM-kiosk ute på byggeplassen.

Informantene trekker fram BIM-kioskens mulighet til å få oversikt over prosjektet gjennom visualisering av 3D-modellen, spesielt de deler av bygget som er avansert. 3D-modellen oppleves som informativ med nøye beskrivelse av bygningsdeler som rør, vegger og gulv, noe som var ekstra nyttig for arbeidere med mindre erfaring, eksempelvis innleid utenlandsk arbeidskraft. Tømmerbasen på prosjektet ved HiØ tok ofte med seg andre fagarbeidere til BIM-kiosken for avklaringer dersom det oppsto uklarheter. Stor skjermstørrelse, samt at 3D-modellen i kiosken laster inn raskere enn på smarttelefon bidro til effektive møter om videre framdrift. BIM-kiosken var også utstyrt med webkamera som tillot arbeiderne å komme i kontakt med de prosjekterende dersom det var behov for oppklaringer tilknyttet modellen.

På kalde dager opplevde entreprenøren økt trafikk til BIM-kiosken, da bruken av de håndholdte enhetene begrenset seg selv.

Den største gevinsten med BIM-kiosk er å alltid ha tilgang på oppdaterte tegninger. Bruk av BIM-kiosken som en faglig møteplass og til tverrfaglige diskusjoner scorer også høyt. Framdriftsmøter rundt kiosken scorer litt lavere (figur 7).



Figur 7: Oversikt over hvor fornøyd informantene er med de forskjellige bruksområdene ved bruk av BIM-kiosk.

4.2.3 Håndholdte enheter

«Får all nødvendig informasjon på direkten»

- Anleggsleder, Gol Trafikkstasjon

Sammen med rapportering av uønskede hendelser, vernerunder, kvalitetssikring og avviksrapporing er bruken av nettbrett eller smarttelefon særlig gunstig for å se BIM-modellen og de digitale tegningene ute på byggeplass. Det gjør at alle har tilgang til de nyeste tegningene på sin egen smarttelefon eller på en av arbeidslagets nettbrett.

«Jeg tar alltid fram 3D-modellen på nettbrettet dersom noen kommer og spør om noe, da ser de det som oftest med en gang, hvordan ting er i forhold til hverandre»

- Anleggsleder, Carl Berner Torg

Intervjuobjektene informerer om at hovedvekten av medarbeiderne er motiverte og ønsker å lære om, og benytte digitale håndholdte enheter i arbeidet. Den største gevinsten med de håndholdte enhetene er tilgang på riktige tegninger til riktig tid. Informantene påpeker at prosjektet er mer i forkant og antallet uforutsette hendelser minimeres.

«Håndholdte enheter gir nye muligheter. Helt genialt med alt samlet på samme plattform.

Effektivt, tidsbesparende og oversiktlig. Mye gevinst!»

- Prosjektleder, Gol Trafikkstasjon

Skjermen på håndholdte enheter oppleves i enkelte tilfeller som for liten og knotete å jobbe med. Flere nevner at 3D-modellen tar lang tid å laste eller at den henger seg opp, spesielt på eldre modeller. Noen er frustrerte over zoom funksjonen som har begrenset funksjonalitet i enkelte sammenhenger og noen arbeidere ønsker ikke å benytte privattelefon i jobbsammenheng. Regn og kulde representerer også en utfordring. Batteritiden synker og vintervotter fungerer dårlig på touchskjerm. På HiØ løste de batteriproblematikken med å ha ladere tilgjengelig ute på byggeplassen. Våte omgivelser gir dårligere respons på touchskjermen. Noen informanter valgte derfor å benytte laminerte tegninger i enkelttilfeller hvor været ikke tillot bruk av digitale verktøy.

På HiØ ble det forsøkt med ulik størrelse på nettbrettene. Erfaringen var at nettbrettene med størst skjerm ble mer brukt, selv om den økte størrelsen gjorde dem tyngre og mer upraktisk å ha med seg. Tømmerbasen på prosjektet løste dette med en tilpasset lomme på ryggen av arbeidsvesten.

RUH

Rapportering av uønskede hendelser ble tidligere skrevet på papirlapper som måtte leveres til HMS-ansvarlig. Det var en tidkrevende prosess mange unnlot å gjennomføre. Rapportering fra smarttelefon forenkler prosessen for den som rapporterer og den som behandler rapporten. Tømmerbasen på HiØ mener forenklingen gjør at flere som ikke tidligere rapporterte nå gjør det fordi det er enkelt og tar lite tid. Statsbygg stilte i prosjektene krav om 8 RUHer per 1000 arbeidstimer. På Gol trafikkstasjon doblet arbeiderne antallet, og selv om enkelte rapporteringer er mindre relevante, mener prosjektlederen at det er viktig at alle rapporter blir tatt alvorlig, da det er en sak til forbedring. Hovedtiltaket for å opprettholde en høy rapporteringsgrad var belønning av de som rapporterte i form av premier fra loddtrekninger.

Informantene ble spurt om de trodde høy rapportering bidro til mindre skader, noe de fleste trodde var tilfellet. Anleggslederen på HiØ hadde ingen data som beviste det, men var sikker på at det gir et ryddigere og mer oversiktlig prosjekt hvor folk trives. For å øke

rapporteringene ytterligere ønsket informantene et enda enklere rapporteringssystem tilpasset flere språk, slik at også utenlandsk arbeidskraft kan bidra i rapporteringen.

Elektronisk rapportering bidro til at både Gol trafikkstasjon og HiØ ble belønnet med sikkerhetspriser, henholdsvis «Gullhjelmene» og Veidekkes sikkerhetspris.

Vernerunder

Vernerunder gjennomføres ukentlig på de fleste byggeplasser og avvik blir notert på papir underveis. HMS-ansvarlig leder runden og lager en rapport som sendes ut til arbeidslagene. Det er tidkrevende og informantene er enige om at bruk av nettbrett effektiviserer prosessen. Ved bruk av nettbrett føres avvikene direkte inn på nettbrettet med bildedokumentasjon som oversendes de ansvarlig straks runden er over. Rapporten generer seg selv og HMS-ansvarlig følger opp tiltakene.

Kvalitetskontroll

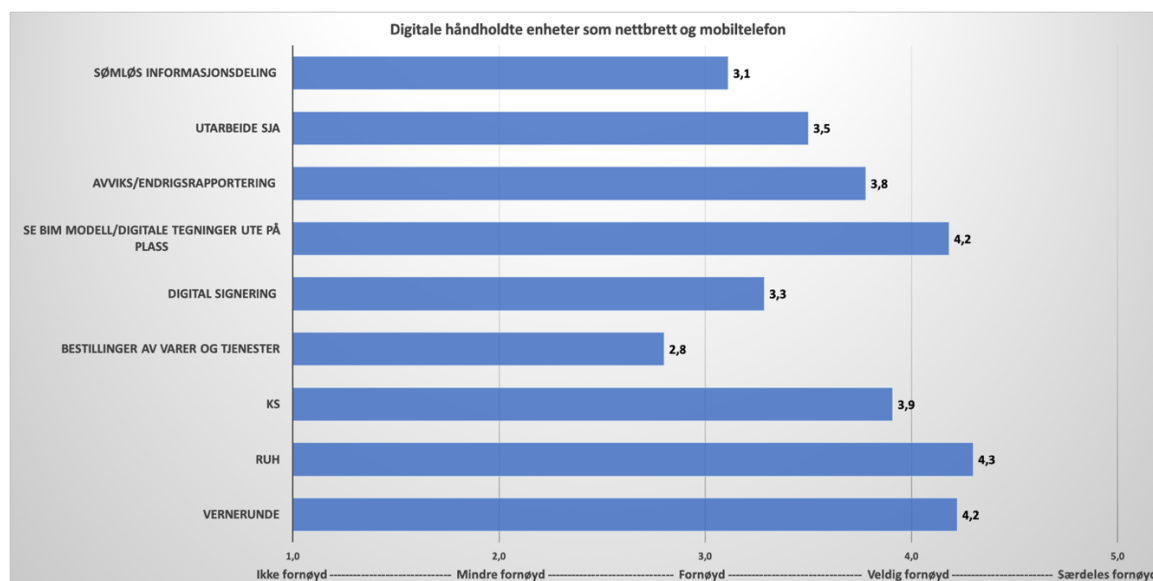
Måten kvalitetskontroll ble håndtert på tidligere omtales av flere som «et salig kaos av papirer». De ansvarlige gikk rundt med papirskjemaer som skulle fylles ut manuelt og arkiveres. Ved å gjøre kvalitetssikringsarbeidet på smarttelefon eller nettbrett sparer funksjonærer og andre som gjør kvalitetssikring mye tid, avdekket intervjuene. Når skjemaet er fullført i nettbrettet genereres en rapport som lagres automatisk og legger seg inn i prosjektets systemer. I det ene prosjektet var ikke arbeidet med sjekklister godt nok innarbeidet og tilrettelagt slik at føringen kunne gjøres rett inn i nettbrettet eller på smarttelefonen. Det førte til ekstraarbeid for de som måtte føre sjekklister to ganger, både på tradisjonelt vis og manuelt inn i deres digitale database. Anleggslederen på prosjektet mener at løsningen er dårlig, og ser store fordeler med elektronisk føring.

Avviksrapportering

Avviksrapportering fungerte bra i prosjektene og gjøres enkelt ved at arbeideren tar bilde av det aktuelle avviket, beskriver problemet, og med integrert BIM visning plasseres avviket på riktig sted i 3D-modellen. Dette føres inn i en mal som sendes til den det måtte gjelde for utbedring. Avviket kan følges fra «åpent» via «under utbedring» til «lukket». Uten ekstra arbeid genereres en rapport som arkiveres digitalt på riktig sted og kan benyttes i ettertid dersom det er nødvendig. Prosjektet på Carl Berner Torg har slitt med innføringen av denne måten å melde avvik på, da enkelte underleverandører har valgt å benytte seg av

mer tradisjonelle metoder som e-post. Dette skaper ekstraarbeid for byggeplassledelsen, men hyppige tilbakemeldinger på at avvik skal rapporteres som beskrevet over ga forbedring underveis.

De største gevinstene ved bruk av digitale håndholdte enhetene er å alltid ha tilgang på oppdaterte tegninger og utarbeidelse av RUH. Bruk i vernerunder, kvalitetssikring og avviksrapportering scorer også høyt. Bruk av digitale håndholdte enheter egner seg også godt til å utarbeide en sikker jobb-analyse (SJA) (figur 8).

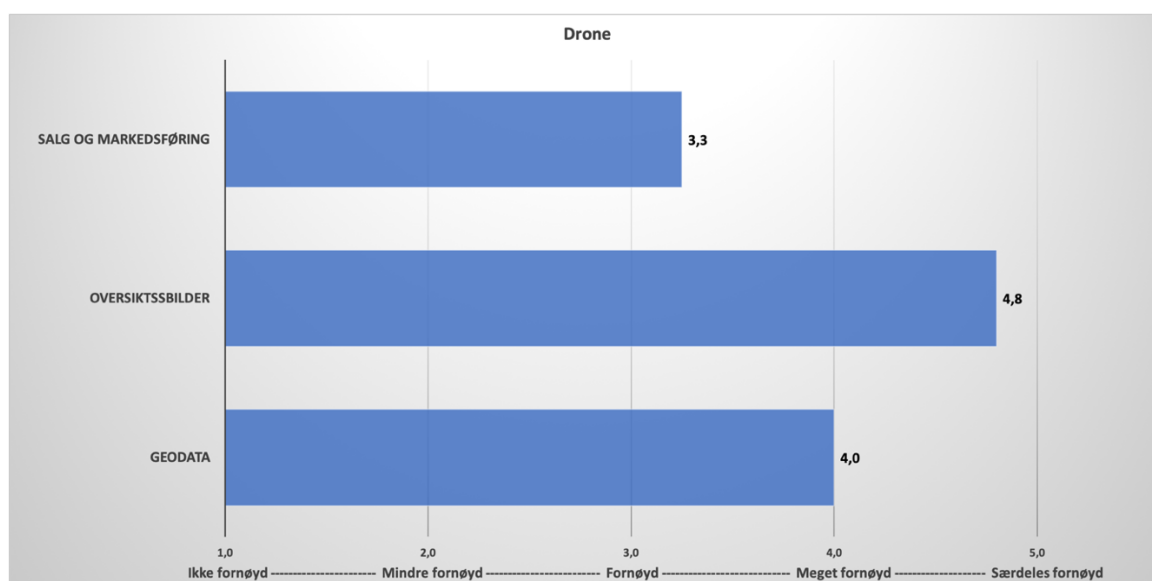


Figur 8: Oversikt over hvor fornøyde informantene er med de forskjellige bruksområdene ved bruk av digitale håndholdte enheter.

4.2.4 Drone

Intervjuene avdekket at drone er et nyttig verktøy både i prosjektering og produksjon. Oversiktsbilder av området trekkes fram som nyttig i planleggingsfasen. På Gol trafikkstasjon skannet dronen terrenget med infrarød stråling. Terrengmodellen ble benyttet for å gjøre beregninger på hvor mye masse som måtte fraktes vekk, og hvor mye som måtte kjøres til. Informasjon fra dronen ble også benyttet for å plote geokart hos graveren. Med GPS i gravemaskinen kunne graveren bruke genererte data til å grave ut den eksakte mengden fra det nøyaktige stedet med tilnærmet millimeterpresisjon. Informantene var fornøyd med bruken og ser for seg å benytte drone i nye prosjekter.

Den største gevinsten ved bruk av drone er gode oversiktsbilder. Bruk av drone egner seg også godt til å innhente geodata (figur 9).



Figur 9: Oversikt over hvor fornøyde informantene er med de forskjellige bruksområdene ved bruk av drone.

4.2.5 Digital oppslagstavle

Den digitale oppslagstavlen sørger for at det alltid finnes oppdatert informasjon som blant annet mannskaps-liste, varslingsplaner, stoffkartotek, SHA-plan og framdriftsplan. Gevinsten ligger i at funksjonærer ikke behøver å bruke tid på å skrive ut reviderte papirer og forflytte seg til byggeplassen for å oppdatere tavlen.

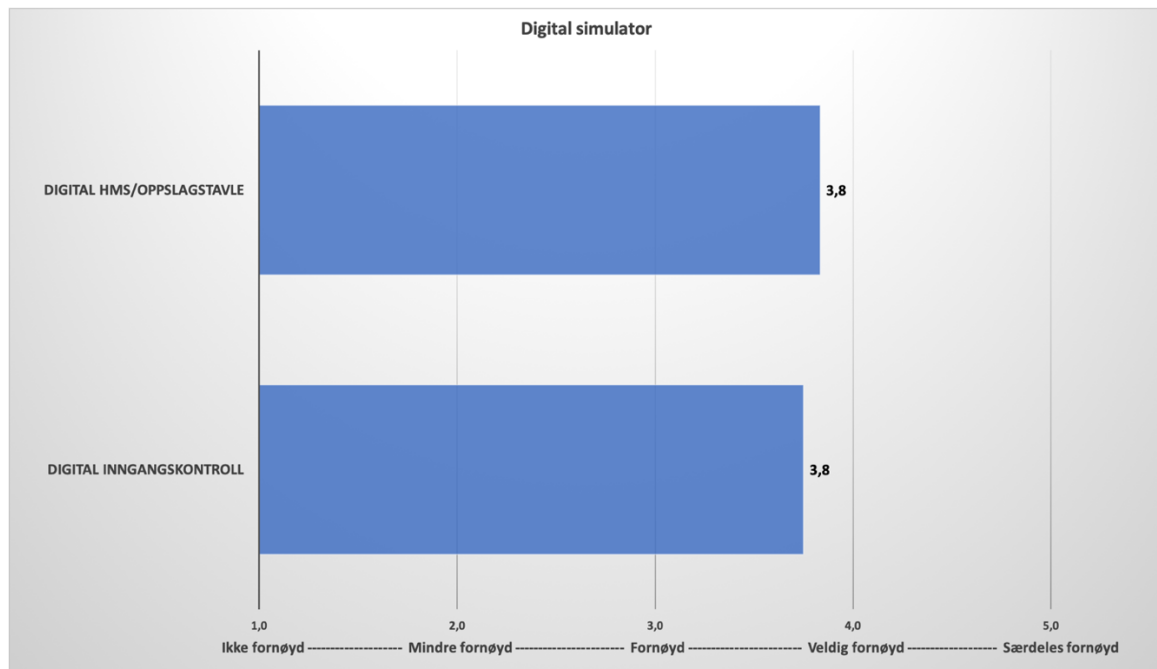
Digital oppslagstavle ble først testet ved prosjektet på HiØ. Deres erfaringer med touchskjermen var at den var for liten og informasjonen «rullet» for raskt over skjermen. Anleggslederen var misfornøyd med brukergrensesnittet og plasseringen av skjermen i spisebrakka. Skjermen var tilkoblet kontorbrakka slik at den kunne oppdateres på direkten dersom det var behov for oppdatert informasjon, noe anleggslederen mente var tidsbesparende. Driftslederen på prosjektet støtter anleggslederen og mener at oppslagstavlen har noe begrenset verdi, da samme informasjon finnes på nettbrettet. Basen på prosjektet var mer positiv til tavlen og mente informasjon som rullet over skjermen var nyttig for arbeiderne. Basen kikket på skjermen flere ganger i lunsjen og fikk med seg eventuelle nyheter hver dag. Muligheten til «scrolle» etter informasjon på skjermen trekkes også fram.

Økt skjermstørrelse, bedre brukergrensesnitt og flere språk gjorde at erfaringene med digital oppslagstavle fra Gol trafikkstasjon var meget bra, med unntak av anleggslederen som mente oppslagstavlen er overflødig ettersom samme informasjon alltid er tilgjengelig på nettbrettet.

Oppslagstavlen som samlingssted for oppdatert informasjon gjør også oppfølgingen fra byggherren enklere. Byggherrens SHA rådgivere kan sitte på kontoret langt unna byggeplassen og se kontinuerlig oppdaterte bemanningslister, RUHer og lignende som er nyttig for å stille forberedt i møter. Tavlens funksjoner høstet også skryt fra Arbeidstilsynet og Statsbygg tar med seg tavlen inn i nye prosjekter.

Digital oppslagstavle var også et bidrag til at både Gol trafikkstasjon og HiØ ble belønnet med sikkerhetspriser, henholdsvis «Gullhjelm» og Veidekkes sikkerhetspris.

Informantene er godt fornøyde med bruken av digital oppslagstavle og digital inngangskontroll (figur 10).



Figur 10: Oversikt over hvor fornøyde informantene er med digital oppslagstavle og digital inngangskontroll.

4.2.6 Digital simulator

Intervjuene viser at digital simulator er et godt verktøy som bidrar til økt sikkerhet på byggeplassen. BIM-koordinator og byggherres prosjektleder var spesielt fornøyd med verktøyet. Prosjektleder hos entreprenøren var også godt fornøyd med spillet som bidro sterkt til at prosjektet vant «gullhjelm». BIM-koordinatoren legger vekt på at arbeiderne ble kjent med byggeplassen før de begynte arbeidene. Arbeiderne måtte svare på spørsmål underveis i visualiseringen, som fikk dem til å reflektere over farene på en helt annen måte enn tidligere. Spillet tvinger arbeiderne til å gå detaljert gjennom byggeplassen, i motsetning til de tradisjonelle sikkerhetspapirene som få leser, men bare signerer. Det ble også kommentert at de utførende følte seg tryggere på byggeplassen etter å ha gått gjennom byggeplassen visuelt på forhånd, spesielt uerfarne arbeidere og innleid arbeidskraft. Prosjektlederen påpeker at simulatoren er et kost-/nyttespørsmål, og i dette prosjektet kostet simulatoren nærmere 140 000 kroner. Selv om prisen var høy understreker byggherrens prosjektleder at et menneskeliv koster langt mer og at det i fremtiden kan utvikles et mer generelt spill som med små tilpasninger kan nyttiggjøres på flere byggeplasser. Anleggslederen på Gol prosjektet var mindre imponert og ga verktøyet karakteren én, ikke fornøyd, og begrunner det med at verktøyet var unødvendig og tidkrevende når samme informasjon er tilgjengelig på nettbrettet.

4.2.7 Automatisering

Intervjuene viser at automatisering med borerobot fikk varierte tilbakemeldinger. BIM-koordinatoren var svært fornøyd og ser for seg videre bruk av boreroboten. Byggherrens prosjektleder var meget fornøyd med bruken, mens entreprenørens prosjektleder var fornøyd, men mener at roboten ikke passet i dette prosjektet. Anleggslederen på prosjektet var mindre imponert og mente boreroboten var unødvendig og uegnet i prosjektet.

Boreroboten krever helt ryddig areal og ingen andre kan jobbe i samme område. Slingringsmonnet for høyde under taket er også begrenset. Før boringen kan starte må maskinen rigges opp og programmeres etter BIM-modellen, noe som tar tid avhengig av størrelse og kompleksitet på bygget. Prosjektlederen forteller at BIM-modellen må være 100% riktig slik at roboten borer de riktige hullene med riktig fargekoder på riktig sted. Det krever høy presisjon og god kvalitetssikring. Eventuelle feil i koordinatsystemet kan få store konsekvenser og krever mye ekstraarbeid.

Prosjektet på 650 kvadratmeter er relativt lite og kost/nytte ved å ha en borerobot inne betaler seg ikke. Anleggslederen mener boreroboten kan være nyttig i andre prosjekter. Kriteriene er at bygget må ha en viss størrelse, helst mer enn 1000 kvadratmeter per etasje i et bygg med mye oppheng i tak, eksempelvis et kontorbygg eller en tunell.

Tiltaket sparte prosjektet for to dagers fysisk arbeid med potensielt store belastninger på skuldre og armer. Sammen med robotens oppsamling av 80 kilogram betongstøv var det bidragsyttere til at prosjektet vant «gullhjelm».

4.2.8 Utvidet virkelighet – AR

Teknologien og programvaren som ble benyttet var noe underutviklet. Det ble forsøkt større skanninger av hele bygget med punkttskyer. Det viste seg å være utfordrende å gjøre sammenligninger ettersom BIM-modellen og det faktiske bygget ikke var på samme stadium. Programtilbydere besøkte Gol prosjektet for å utvikle programvaren og informantene mener utviklingen går i riktig retning. Skanningen er et kraftig verktøy og kan i fremtiden være med på å identifisere feil og mangler underveis i prosjektene mener BIM-koordinatoren. Skanning av enkeltrom ble også testet ut, og respondentene mener det kan bli et mye brukt verktøy i kvalitetssikringsarbeid i fremtiden. Byggherreombudet i prosjektet testet programvaren, men lot være å bruke det. Byggherrens prosjektleder er overbevist om at det blir mer brukt etterhvert som teknologien utvikler seg i takt med nye og yngre medarbeidere som er vokst opp med utstrakt bruk av teknologi.

4.2.9 Virtuell virkelighet – VR

Virtuell virkelighet med VR-briller har vært lite benyttet på byggeplassen. Intervjuene avdekker at VR er mer rettet mot kunde og bruker, eksempelvis en potensiell kjøper av en leilighet. På Gol trafikkstasjon fikk Statens Vegvesen som bruker muligheten til å gå virtuelt rundt i bygget i en detaljert 3D-modell. De kunne gjøre endringer før byggefasen startet, eksempelvis ved å flytte et vindu i et kontor for å få bedre utsyn og oversikt over uteområdet. Disse endringene tidlig i prosessen var tilknyttet lave kostnader, og bidro til færre misforståelser i prosjekteringen. Bruken resulterte i sparte reise- og tidskostnader da møtedeltagerne kunne treffes virtuelt i samme rom fra forskjellige geografiske steder. Det var knyttet enkelte tekniske problemer til møtene på grunn av sikkerhetstiltak som at brannmurer ikke tillot enkelte prosesser. Disse ble løst relativt raskt. Et annet element er

muligheten for å gjøre krasjtester manuelt i en modell. Det er vanlig at datamaskinen gjør en automatisk kontroll. Dersom den fanger opp avvik kan den prosjekterende gå inn i modellen, avdekke feilen, og rette den.

4.2.10 RFID og QR

Prosjektet på Gol opplevde utfordringer tilknyttet merking av produktene med RFID. Få produsenter i byggenæringen var kjent med metoden og prosjektlederen brukte mye tid på koordinering. Verktøyet var kostbart, men entreprenøren sparte tid i varemottak og opptelling mot det som faktisk var bestilt. Det var enkelte avvik i skanningen ettersom enkelte produsenter ikke merket produktene godt nok. Prosjektlederen mener RFID er mer egnet for drift i form av informasjon tilknyttet objekter, som at digitale datablader knyttes opp mot BIM-modellen. Fordelene i produksjon kommer først når produsentene merker egne produkter på riktig måte.

Merking med QR koder ble benyttet både i produksjonen og for videre drift. I produksjonen ble HMS-relatert utstyr merket for å raskt kunne innhente informasjon. For FDV ble dører, karmen, pumper og lignende merket, noe informantene mener er et godt verktøy for driftsfasen.

4.3 Forutsetninger for digitalisering

I delkapitlene evalueres enkelte forutsetninger for bruk av de digitale verktøyene.

4.3.1 Standardisering

Informantene fokuserer på standardisering som et essensielt element. Med standardisering menes flere standarder som beskriver hvordan ting skal bygges, og hvordan digitale verktøy bør brukes (Standard-Norge, 2019). På den måten gjøres arbeidsprosessene på samme måte uavhengig av prosjekt eller aktør. En informant nevnte gjentakende etasjer i bolig- og næringsbygg som standardiseringstiltak. Erfaringsutveksling mellom prosjekter og muligheten til å gjenbruke deler av BIM-modellen i nye prosjekter kommer også fram som muligheter.

4.3.2 Åpen standard

«Det viktigste uansett valg av verktøy er åpen standard»

BIM-koordinator, Gol trafikkstasjon

Mange programvareleverandører lager egne løsninger på alle områder. Da låser entreprenøren seg til en leverandør som leverer gode løsninger på enkelte områder, men ikke alle. Åpen standard tillater programmene å snakke sammen uavhengig av programvareleverandør, noe flere informanter ønsker seg. Det tillater prosjektene å benytte det leverandøren er best på. Dersom åpen standard ikke lar seg gjøre er ønsket fra informantene at alle aktørene er samlet på samme plattform.

4.3.3 Byggherrens rolle i digitaliseringen

Fra intervjuene kommer det fram at de store byggherrene spiller en signifikant rolle for digitalisering i byggenæringen. Informantene er enige om at det må stilles krav i kontrakter til bruk av digitale verktøy i prosjektene. Statsbygg får skryt blant informantene som en pådriver i næringen med sine krav til bruk av BIM og papirfri byggeplass. En informant antydte at byggenæringen kunne rullet målene i «digitalt veikart mot 2025» tidligere dersom flere byggherrer stilte krav om digitale løsninger. Samme person mener at mangel på kunnskap blant byggherrene, og deres frykt for begrenset konkurranse blant tilbyderne forsinker digitaliseringen.

4.3.4 Krav til prosjektstørrelse

Erfaringen fra prosjektene tilsier at heldigitalisering ikke nødvendigvis kommer godt til rette i alle typer prosjekter. For å sikre god utnyttelse av de digitale verktøyene bør prosjektet ha en viss størrelse. Prosjektlederen på Gol antyder at prosjekter bør opp i størrelsesorden 70 millioner eksklusive merverdiavgift. Kravet om bruk av digitale verktøy økte ansvaret til entreprenøren gjennom blant annet distribusjon av tegninger, programmer med tilhørende lisenser, opplæring og oppfølging.

4.3.5 Plassering av de digitale verktøyene

For god utnyttelse av de digitale verktøyene må de være lett tilgjengelige. Flere informanter foretrakk bruk av nettbrett framfor BIM-kiosk nettopp av den grunnen. Det ene prosjektet plasserte BIM-kiosken i kjelleretasjen i brakkebygget, noe som bidro til begrenset utnyttelse av verktøyet, da det ble for langt å gå til BIM-kiosken.

4.3.6 Samhandling

For å få størst mulig effekt av de digitale verktøyene må hele prosjektkjeden være med på utviklingen. Det krever et godt samarbeid mellom byggherre, prosjekterende og entreprenør. De må være tidlig ute og løse utfordringer sammen i prosjekteringsfasen. Det innebærer blant annet valg av løsninger, leverandører og produkttyper. Erfaringen fra prosjektene tilsier at prosjekteringsfasen øker i omfang ved heldigitale byggeplasser, men total prosjekttid reduseres med færre tegninger og mindre feil i utførelse. Problemene løses før de oppstår.

4.4 Menneske og digitalisering

I delkapitlene evalueres «forholdet» mellom menneske og digitalisering.

4.4.1 Opplæring

Informantene opplever grad av nødvendig opplæring i programmene som ulikt. BIM-koordinatorene mener de er relativt intuitive og enkle å sette seg inn i. Andre opplever at programmene er mer avanserte og at grundig opplæring er helt nødvendig. Prosjektene har gjennomført opplæring av sentrale roller i prosjektet. Disse har fått ansvaret for videre opplæring i prosjektene.

På Statsbyggprosjektene, spesielt Gol trafikkstasjon, hvor digitaliseringen var kontraktsfestet fra byggherre virket interessen for digitalisering å være større enn i PEABs prosjekt på Carl Berner. Carl Berner Torg er et større prosjekt med flere arbeidere, og enkelte ønsket ikke digitalisering av byggeplassen like velkommen, spesielt enkelte underleverandører.

4.4.2 Brukergrensesnitt

Brukergrensesnittet i de forskjellige programmene oppleves forskjellig. Intervjuene viser at spesielt BIM-koordinatorene virker å være svært fornøyde, samtidig som de ser et utviklingspotensial. Arbeiderne ute på byggeplass er fornøyde med enkelte programmer, men totalt sett mindre fornøyd enn deres overordnede. Intervjuene avdekker også at det har vært benyttet ulike programvarer på prosjektene.

4.4.3 Endringer

Intervjuene viser at flesteparten av arbeiderne stiller seg positiv til digitaliseringen, men enkelte viser endringsmotstand. Flere av informantene opplyser om at omstillingen til digitale verktøy virker å være vanskeligere for den eldste generasjonen. Informantene mener mangel på kunnskap om digitale verktøy kan virke negativt på enkelte. Andre påpeker at de eldste ofte sitter på mest ansvar og har begrenset tid til å sette seg inn i nye verktøy og metoder. Prosjektleder på Gol trafikkstasjon mente deres unge arbeidsstokk var en avgjørende faktor for deres suksess med implementering av digitale verktøy.

5 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres resultatene ved hjelp av teori, resultater fra intervjuene og spørreundersøkelsen.

5.1 De digitale verktøyene

I delkapitlene diskuteres fordeler, ulemper og muligheter ved bruk av digitale verktøy.

5.1.1 BIM

En av hovedårsakene til forsinkelser i byggenæringen er at det produseres etter tegninger med feil og mangler, noe som medfører at arbeid må gjøres på nytt (Lindhard & Wandahl, 2012). Ved bruk av BIM i prosjekteringen, kan de prosjekterende gjøre krasjtester og visualisere i BIM-modellen. På den måten kan feilprosjektering oppdages før arbeidene igangsettes, noe som skaper forutsetninger for å bygge riktig på første forsøk. Resultatene sammenfaller med funnene til Bråthen og Moland (2016) som konkluderte med at bruk av BIM kan bidra til færre byggefeil. Funnene forsterkes gjennom Flyen (2016), som også trekker fram mulighetene for bedre samhandling mellom fagene i prosjekteringsfasen. Det kan bidra til færre byggefeil ved at fagene tilrettelegger bedre for hverandre gjennom økt forståelse for de andre fagområders utfordringer.

Byggforsk (2008) viser til arbeid gjort på utdatert tegningsgrunnlag koster byggenæringen flere milliarder kroner årlig. Dette samsvarer med Lindhard og Wandahl (2012) sin rapport, som viser at en avgjørende faktor til forsinkelser og økte kostnader i byggeprosjekter, er at det produseres etter utdaterte tegninger. Med BIM har håndverkere tilgang på de nyeste tegningene gjennom BIM-kiosk og digitale håndholdte enheter. Dermed blir det umulig å benytte utdaterte tegninger, noe som kan spare næringen for store utgifter. Samtidig kan det diskuteres hvor hensiktsmessig BIM er i alle prosjekter. Det stiller krav til kompetanse. Mindre byggherrer, eksempelvis små kommuner, har nødvendigvis ikke tilstrekkelig kompetanse til håndtering av prosjekter hvor BIM og andre digitale verktøy benyttes. For slike aktører betyr det potensielt store kostnader tilknyttet innleie av eksterne fagfolk for å gjennomføre prosjektene. Store investeringskostnader regnes av Isaksson et al. (2016), som en av hovedutfordringene ved innføringen av BIM. På den andre siden kan bruk av BIM sørge for kostnadsbesparelser dersom det bygges riktig på første forsøk.

BIM tillater mengde- og materialuttak, noe som kan bidra til mindre miljøutslipp, ved å unngå overbestilling av material i prosjekter (Forskning, 2016). Potensielt kan begrenset svinn få store positive ringvirkninger globalt ettersom næringen er kjent som «40% næringen» (BNL, 2017a). Dette stiller store krav til prosjektering. Modellen må være nøyaktig med mye og riktig informasjon.

Det kan føre til at prosjekteringsfasen ofte går parallelt med byggefasen, noe som kan medføre utfordringer tilknyttet mangelfull prosjektering i kritiske situasjoner. Samtidig kan det være en god måte å korte ned total byggetid på, noe erfaringer fra oljenæringen tilsier er nødvendig for å konkurrere på pris i et presset globalt marked (BuildingSMART, 2018).

Bruk av BIM i 4D gjorde at Veidekke sparte tid og kostnader ved å identifisere og eliminere feil i framdriftsplanen før de startet arbeidene (Byggeindustrien, 2017). Resultatene sammenfaller delvis med resultatene fra denne oppgaven. Det kan tenkes at pilotprosjektene var for små, da det er knyttet store kostnader til planlegging i 4D, ved at en person må jobbe dedikert med oppgaven. Derfor kan det argumenteres med at bruk av 4D krever en viss størrelse på prosjektet for å oppnå ønskede resultater i forhold til byggebudsjett.

Utskriftskostnader tilknyttet papirtegninger på Carl Berner Torg ble estimert til nærmere 500 000 kroner. Prosjektet antydte at bruk av digitale verktøy ga betydelige besparelser. Det underbygger Selmar (2018) sin antagelse om 37% besparelser ved bruk av digitale verktøy kontra papirtegninger. På den andre siden antyder enkelte at papirtegninger gir bedre totaloversikt og fungerer bedre i enkeltsituasjoner, eksempelvis ved betongarbeider. Samtidig kan papirtegninger skrives ut lokalt dersom det er behov for det i enkeltsituasjoner.

5.1.2 BIM-kiosk

Ved å visualisere 3D-modellen i BIM-kiosken danner håndverkerne en mer helhetlig forståelse av det prosjekterte materialet. Dette sammenfaller med funnene til Bråthen og Moland (2016) som mener håndverkerne enklere ser komplekse detaljer som ikke er synlig på tradisjonelle byggetegninger. BIM-kiosker på byggeplassen skaper også en arena hvor håndverkere kan møtes, både planlagt og tilfeldig, for å diskutere tverrfaglige utfordringer

og videre framdrift. Dette stemmer også med erfaringene til Bråthen og Moland (2016) som mener BIM-kiosker bidrar til mer samarbeid og felles problemløsning. De samme erfaringene gjorde NCC på nye Jordal Amfi, hvor BIM-kiosken bidro til bedre tverrfaglig samhandling (Byggfakta, 2018).

Mange av funksjonene til BIM-kiosken dekkes av digitale håndholdte enheter, og enkelte mener BIM-kiosker vil fases ut i nærmeste framtid. En kan anta at utviklingen av håndholdte enheter vil fortsette slik at disse innen få å år vil håndtere store 3D-modeller uten større problemer. Samtidig vil et nettbrett aldri få samme skjermstørrelse som en BIM-kiosk, dermed vil brukerne fortsatt få bedre oversikt på BIM-kiosken enn det de gjør på et nettbrett. På den andre siden er BIM-kiosk en potensiell tidstyv ved at den sjeldent står plassert akkurat der arbeidene foregår. Det bekreftes i en masteroppgave skrevet av Murvold og Vestermo (2016). Samtidig argumenteres det med at de tilfeldige møtene ved BIM-kiosken ikke vil oppstå dersom BIM-kiosker fases ut. Det kan medføre at samhandlingen og den tverrfaglige forståelsen mellom fagene begrenses, da avklaringer i større grupper egner seg dårlig rundt et lite nettbrett.

5.1.3 Håndholdte enheter

I motsetning til en BIM-kiosk er de håndholdte enhetene mobile og kan brukes i flere arbeidssituasjoner. Rapportering av uønskede hendelser, kvalitetssikring, avviksrapportering og vernerunder gjennomført med smarttelefon bidrar til tids- og kostnadsreduksjon i produksjonen. Det underbygger funnene til Holter (2018), som konkluderte med at riktig bruk av digitale håndholdte enheter kan spare inntil ti dagsverk per funksjonær på et leilighetsprosjekt i 200 millioners klassen. Selv om det ennå er langt unna målene satt i digitalt veikart (BNL, 2017b), viser også erfaringer fra andre byggeprosjekter at kostnadene kan reduseres. En mindre entreprenør innførte papirfri byggeplass og reduserte kostnadene med syv prosent allerede i 2016 (Mesterbrev, 2016). En kan se for seg at programvaren og teknologien er utviklet siden da, og vil utvikle seg mye i årene framover.

Kuldeproblematikk er velkjent for tekniske enheter, men kan minimeres ved å oppbevare de håndholdte enhetene tett på kroppen. Fuktighet er en større utfordring, og selv om nettbrettene ofte er laget for tøff bruk er touchskjermen sensitiv for regn. Samtidig er det

rimelig å anta at noen år med utvikling vil forbedre de håndholdte enhetene til å ha nøyaktig følsomhet selv i regnvær. Spesielt når en vet at vanntette smarttelefoner er vanlig i det asiatiske markedet (Teknofil, 2015). Alternativet i enkelt situasjoner er da å benytte BIM-kiosk, eventuelt skrive ut tegninger lokalt. Det kan føre til utfordringer som at tegninger blir reviderte underveis, men erfaringen fra prosjektene er at dager hvor håndholdte enheter ikke kan benyttes er begrenset.

3D-modellen laster saktere på de håndholdte enhetene, og enkelte opplever skjermstørrelsen som for liten, spesielt på smarttelefonen. Som drøftet over kan man anta at utfordringen rundt tidsbruk ved innlasting av 3D-modellen vil løse seg innen få år. Med dagens utstyr kan arbeiderne lager seg rutiner hvor de oppdaterer modellen via WIFI på brakka hver morgen. Det vil redusere problemet. Det finnes også nettbrett som har større skjerm, noe som viste seg å fungere bedre, men håndteringen blir tyngre og mobiliteten dårligere.

Sammen med BIM-kiosk forenkler de håndholdte enhetene også samhandling og informasjonsdeling gjennom tilgang på all nødvendig prosjektinformasjon via applikasjoner. Utfordringer ved kommunikasjon uten fysisk tilstedeværelse kan være at nyanser og kroppsspråk ofte forsvinner. Det kan lede til misforståelser og feiltolkninger av budskapet (DaleCarnegie, 2017). En rapport fra SINTEF (2017) viser til språklige utfordringer mellom ulike nasjoner i byggenæringen. Dersom deler av kommunikasjonen forflyttes til en digital plattform, kan forståelsen for tiltenkte arbeidsoppgaver svekkes. På den andre siden kan kanskje digitale verktøy oversette beskjeder tilpasset den aktuelle arbeiderens språk.

5.1.4 Drone

Ved hjelp av drone kan terrenget kartlegges. Denne kartleggingen danner grunnlaget for uttak og påfylling av masser. Jobben gjøres av anleggsmaskiner som kan forbindes med støy og vibrasjoner. Ifølge Arbeidstilsynet (2013) bidrar dette til økt skaderisiko på byggeplassen. Kartleggingen muliggjør maskinlæring, slik at gravemaskinen potensielt kan jobbe på egenhånd. Dette kan gi stor helsegevinst for maskinførerne ved at de ikke behøver å sitte inne i maskinen for å gjøre jobben sin. Samtidig er det knyttet usikkerhet til autonome maskiner, og det gjenstår å se om det blir en realitet i nærmeste framtid.

Andre næringer ser også fordeler med bruk av drone. Kraftnæringen regner med å spare flere millioner ved å benytte droner til inspeksjon av kraftlinjer (TU, 2018b). Det samme gjør oljenæringen, som bruker drone ved inspeksjoner av utilgjengelige deler av plattformen. Det begrenser antallet risikofylte arbeidsoperasjoner som krever mye tidsressurser og spesialkunnskap (TU, 2016). Dette er overførbart til byggenæringen, spesielt i driftsfasen. Arbeidstilsynet (2013) viser til fallulykker som den vanligste ulykkestypen i byggenæringen, noe bruk av drone potensielt kan begrense. Samtidig krever dronebruk nødvendig kompetanse fra en innleid aktør. Det medfører ekstra kostnader for byggeier. På en annen side, kan kostnadene være små sammenlignet med kostnader tilknyttet feil som oppdages i ettertid.

5.1.5 Digital oppslagstavle

Digital oppslagstavle har fått varierende tilbakemeldinger fra arbeiderne, men totalt sett er brukerne fornøyde. Administrasjon av oppslagstavlen forenkles betydelig når den er direkte oppkoblet mot funksjonærene, noe som samsvarer med erfaringer gjort i et byggeprosjekt i Trondheim (Byggeindustrien, 2018b). Forenkling av administrasjon er også hovedargumentet fra leverandørene (Ceritor, 2019).

En potensiell negativ side ved bruk av digital oppslagstavle er den økte avstanden som kan oppstå mellom funksjonærene og håndverkerne. Tidligere måtte funksjonærene ut på byggeplassen for å oppdatere tavlen med revidert informasjon, noe som begrenset avstanden som kunne oppstå. Samtidig gir tidsbesparelsen funksjonæren tid til å gjøre annet arbeid.

Noen argumenterer for at digital oppslagstavle er unødvendig fordi relevant informasjon finnes i arbeidslagenes nettbrett som alltid er lett tilgjengelig. Ved å bare benytte nettbrett, kan det skape problemer dersom det oppstår en krisesituasjon og arbeideren ikke finner nettbrettet eller det er strømtomt. Ved å ha en oppslagstavle vet alle hvor den nødvendige informasjonen finnes og man eliminerer muligheten for at informasjon ikke er tilgjengelig. En elektronisk oppslagstavle gir også nødvendig informasjon til besøkende på byggeplassen, eksempelvis Arbeidstilsynet. På en annen side vil ikke en elektronisk tavle fungere ved strøbrudd, da finnes nødvendig informasjon bare på de håndholdte enhetene,

dersom prosjektet er heldigitalt. Prosjektene opplevde strømbrudd, men at strømbrudd og mangel på digitale håndholdte enheter skal opptre samtidig virker lite sannsynlig.

5.1.6 Digital Simulator

Prosjektet på Gol opplevde et høyt antall rapporteringer av uønskede hendelser, samtidig som antallet skader med fravær var null. Resultatene samsvarer med erfaringer gjort på Gødstrup sykehus i Danmark, som halverte antallet ulykker og unngikk alvorlige skader på byggeplassen ved å benytte digital simulator (Arbejdstilsynet, 2017). Det tyder på at innføringen av digital simulator skjerper fokuset på sikkerhet og begrenser antallet ulykker. Lignende erfaringer kan hentes fra oljenæringen, hvor Statoil gikk i spissen for at helikopterpilotene skulle trenes i simulator tilsvarende helikoptertypen de benyttet i persontransport (TU, 2013). Også brannmenn ser verdien ved bruk av simulator for å trene på komplekse, tiltenkte situasjoner (Kongsberg, 2019).

Kostnadene tilknyttet utvikling av simulatorer er ofte høye. Samtidig kan det argumenteres med at kostnader er irrelevant når det sammenlignes med et menneskeliv. Simulatoren krever også mer tid for hver enkelt arbeider, og enkelte erfarne arbeidere føler gjennomgangen er bortkastet. Spesielt kan fag som er innom byggeplasser i korte perioder, kanskje mindre enn én dag, føle at gjennomgangen er for tidkrevende. For andre kan den digitale gjennomgangen være akkurat det som behøves for å innse farene og ha et skarpt fokus på nye potensielle farer.

5.1.7 Automatisering

Arbeidere på byggeplasser er eksponert for arbeidsoperasjoner som medfører risiko og fare for egen helse. Ergonomiske utfordringer er ofte tilknyttet ugunstige arbeidsstillinger, eksempelvis arbeid over skulderhøyde (Arbejdstilsynet, 2013). Ved å benytte borerobot reduseres arbeid over skulderhøyde betraktelig. Borearbeidene i taket på Gol prosjektet var estimert til å vare i to dager ved manuell boring. Boreroboten brukte fire dager, inkludert rigging. Kostnadene var også høyere enn ved manuell boring. Enkelte argumenterer for at gevinsten først vises i større prosjekter. Der er antallet boringer høyere, og den potensielle kostnad- og helsegevinsten ved bruk av borerobot er derfor større. Arbejdstilsynet (2013) viser også til enkelte faggrupper i byggenæringen som er overeksponert for gasser, damper og støv. På noen få dager med boring samlet robotens innebygde støvsuger opp 80kg

betongstøv. Støvet kunne ved manuell boring potensielt medført helsefarlige situasjoner for arbeiderne. I større prosjekter vil det tilsvarende tallet være høyere, noe som potensielt gir større skadeomfang.

Bruk av borerobot krever ryddige forhold i området den skal arbeide. Det betyr at alle andre arbeider må vike, noe som kan bidra til forsinkelser i andre prosesser. For å unngå forsinkelser og feil kreves nøye planlegging, både til aktiviteter, men også til innstilling av borerobotene. Små feil kan gi store utslag, og i verste fall må jobben gjøres på nytt. Et begrenset slingringsmonn i takhøyde gjør at boreroboten kan være uegnet i enkelte prosjekter. Skal det lønne seg, viser empirien at prosjektet bør bestå av mye oppheng og grunnflate på over 1000 kvadratmeter, noe som begrenser prosjektutvalget.

I motsetning til den relativt statiske prosessindustrien er byggeplasser et mer dynamisk miljø preget av fortløpende endringer. Det gjør terskelen for automasjon og autonome løsninger i næringen høyere, og kan ved bruk bidra til et større antall skader. En rapport om digitalisering i oljenæringen refererer til Carr (2014) som beskriver at automatisering kan sløve sansene og føre til ulykker. Dette fordi operatøren mangler den opprinnelige intuisjonen og reagerer med feil handling i en kritisk situasjon (IRIS, 2018). Dette er overførbart til risikofylte operasjoner, som ved bruk av roboter i byggeprosjekter.

Sett i lys av de potensielle gevinstene med borerobot, da spesielt tilknyttet helse, er spørsmålet hva prosjektene er villig til å betale for bedre HMS. Etter hvert som utviklingen av verktøyet fortsetter vil bruksområdet antagelig bli større, og det er sannsynlig at boreroboter blir å se på mange byggeplasser i framtiden.

5.1.8 Utvidet virkelighet – AR

Programvaren som ble testet i prosjektet var noe underutviklet og ga begrensede resultater utover nyttige erfaringer. Potensialet til teknologien er stor og kan ved riktig bruk bidra i flere faser, eksempelvis ved skanning og i kvalitetssikring. Et prosjekt i Oslo testet ut en robotskanner som viste til avvik på 30-40% mellom BIM-modellen og det som faktisk ble bygd (Byggeindustrien, 2018a). Det samsvarer med Lindhard & Wandahl (2012) som referer til byggefeil som et stort problem i byggenæringen. Byggforsk (2008) konkluderte med at kvalitetsfeil og byggeskader koster næringen mellom 25 og 75 milliarder kroner

årlig. Ved å bruke AR i kvalitetssikringsarbeidet kan mange feil oppdages og utbedres tidligere.

Det finnes gode eksempler på andre næringer som benytter AR. Det brukes i spillindustrien, til filtre i sosiale medier, kart og GPS-tjenester, samt gjennom varehandel ved at kunden visuelt plasserer møbler i eget hus, før eventuell bestilling av varer (Deloitte, 2018). Det siste eksemplet kan relateres til byggenæringen ved at AR-teknologi brukes under bygging. Det kan gjøres gjennom spesialbriller som kombinerer hologrammer med den virkelige verden. På den måten får håndverkeren opp den nøyaktige plasseringen av bunnsvilla, og jernbinderen vet nøyaktig hvor jernet skal plasseres (Microsoft, 2019). For bedre utnyttelse kan spesialbrillen integreres i vernehjelmen, på samme måte som hjelmen til en jagerflypilot.

Drift og vedlikehold kan også forenkles ved å ilegge 3D-modellen informasjon, som legges over eksisterende objekter og på den måten kan en få opp ønsket informasjon. Ved å ta i bruk AR-teknologi på denne måten, kan næringen potensielt spare mye tid og penger. Foreløpig er ikke teknologien godt nok tilrettelagt byggenæringen, men potensialet er til stede. Det er knyttet kostnader til investeringer og utvikling, men på sikt kan AR vise seg å være revolusjonerende for næringen (CHECKD, 2018).

5.1.9 Virtuell virkelighet – VR

Virtuell virkelighet er en enkel måte å framvise et planlagt bygg ved at bruker visuelt kan gå inn i bygningen før påbegynt bygging. Den potensielle gevinsten er stor ved at brukeren og utførende kan endre eller rette opp feil og mangler før gjennomføringsfasen av prosjektet (figur 4). Erfaringen fra oppgavens prosjekter sammenfaller med erfaringer gjort i andre prosjekter, som også drar fram effekten av å gå rundt i modellen og kontrollere at essensielle bygningsdeler er tilgjengelige (Byggeindustrien, 2018c). Den potensielle kostnadsbesparelsen ved de virtuelle gjennomgangene i modellen er vanskelig å fastslå, med de kan være betydelige. Samtidig er det et tidkrevende arbeid som potensielt forsinker prosjekteringen, særlig ved endringsmeldinger.

Resultatene viser at virtuelle byggemøter med deltagere på forskjellige geografiske steder viste seg å være problematisk på grunn av brannmurer. Slike tekniske utfordringer er

vanskelig å forutse og gjorde at flere møter ble utsatt og møtedeltagerne «kastet bort» tiden sin på dette. Med erfaring og bedre planlegging bør problemet kunne elimineres, og bidra til sparte tids- og reisekostnader for de forskjellige aktørene i prosjektene.

Foreløpig er VR benyttet i planleggingsfasen, og da spesielt gjennom krasjtester, som potensielt kan spare næringen for store kostnader tilknyttet feilprosjektering. Bruk av VR i produksjonen er foreløpig lite utbredt og næringen kan lære av spillindustrien, som i likhet med fornøyelsesparker har benyttet VR-briller aktivt. Det kan gi brukeren en svært virkelighetsnær opplevelse. Enkelte opplever utfordringer tilknyttet kvalme ved bruk av VR-briller, ettersom det er en mismatch på balansenerven mellom hva man ser og hvilke signaler balansenerven mottar. Det løses ved at brukeren kan bevege seg i takt med det visuelle (NæringsEiendom, 2017).

5.1.10 RFID og QR

Et pilotprosjekt gjennomført på nasjonalmuseet konkluderte med at RFID fungerer særlig godt for automatisert datafangst av gjenstander i prosess. Med retningsstyrte antenner fikk ledelsen oversikt over gjenstanders bevegelse på vei til nye lokasjoner i bygget. Det egnet seg også godt til å holde oversikt over hvor produktene befant seg (APXsystems, 2018). Erfaringene gjort på Nasjonalmuseet bør være overførbare til byggenæringen, men prosjektet på Gol opplevde utfordringer med RFID. Produsentene i byggenæringen benytter i liten grad RFID i merking av sine produkter. Det medførte ekstra arbeid i prosjektet og det argumenteres med at næringen ikke er moden for verktøyet. Statsbygg ønsket å prøve ut RFID fordi et gjentakende problem i byggenæringen er feilleveranser, og at materialer ikke kommer til angitt tid (Lindhard & Wandahl, 2012). Problemet kan ikke elimineres, men forbedres mye dersom produsentene merker produktene på en bedre måte. Effektene av det er større forutsigbarhet for de utførende og bedre kontroll på varene som er ankommet byggeplassen. Også erfaringer fra klesbutikker viser at RFID gir god og nøyaktig oversikt over varebeholdningen. Varetellinger tar få minutter og kan gjøres mye oftere enn før (AktuellSikkerhet, 2018). Det er knyttet kostnader til investering i utstyr og til koordinering ved bruk av RFID, men undersøkelser fra andre bransjer tyder på at bruk av RFID medfører større fordeler enn kostnader. Derfor kan det argumenteres for videre utprøving av RFID i byggenæringen.

Merking av elementer med QR koder har vist seg å fungere godt, og er et billig alternativ til RFID. QR-koder kan enkelt skrives ut av hvem som helst og egner seg godt i FDVU fordi det gir muligheter for å få rask informasjon om et eksakt objekt ved å skanne koden.

5.2 Forutsetninger for digitalisering

I delkapitlene diskuteres forutsetninger for bruk av de digitale verktøyene.

5.2.1 Standardisering

Ved å beskrive hvordan ting skal bygges, og hvordan digitale verktøy skal brukes kan næringen være forent om konkrete arbeidsoperasjoner. Det forenkler arbeidet ved at arbeiderne vet hvordan ting skal løses, uavhengig av prosjekt. Byggeprosjekter er komplekse og ingen prosjekter er like. Samtidig er mange arbeid like og en standard måte å løse arbeidene på kan effektivisere næringen. Frustrasjonen grunnet manglende standarder stemmer med en kartleggingsrapport laget av KPMG (2014) på oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Rapporten kartlegger hindre for digitale forretningsprosesser i næringslivet, og konkluderer med at manglende standardisering oppleves som det største hinderet for digitalisering (KPMG, 2014).

Samtidig kan det være svakheter med standardisering. Ved å standardisere kan arbeidernes kreativitet begrenses og utviklingen stoppe. Fra Lean tankegang er formålet med standardisert arbeid å danne grunnlag for forbedring (Dennis, 2015). Derfor er det viktig å evaluere prosessen med jevne mellomrom, og gjøre tiltak som kan gi forbedring ved behov.

Det er allerede opprettet flere internasjonale og europeiske standarder som skal hjelpe byggenæringen (Cobuilder, 2017). Blant annet en standard som definerer hva «åpenBIM» er, og hvilke dataformater som skal utveksles mellom aktørene i et byggeprosjekt. Næringen har fortsatt et stykke igjen, men det er utvikling og flere standarder kommer.

5.2.2 Åpen standard

Det finnes verktøy for samkjøring av filer (BuildingSMART, 2014), men resultatene viser at det kan oppstå problemer når filene åpnes i andre programmer enn de er laget i. Dersom alle produsenter benyttet åpne filformater ville all programvare kunne kommunisert med hverandre, og prosjektene ville ikke vært avhengig av en spesifikk programvare for å åpne

en fil. Dette vil potensielt føre til kostnads- og tidsbesparelser. Det viser også Statsbyggs egne erfaringer. De påpeker at åpen standard er essensielt for å utvide digitaliseringen i byggenæringen (Andreassen, 2019). Dersom prosjektene ikke jobber på samme plattform eller med åpen standard, risikerer de å miste store deler av gevinsten med digitalisering. Samtidig er det lett å forstå hvorfor programvareleverandørene ønsker at deres egne systemer blir benyttet. Den leverandøren som utvikler det beste totalkonseptet kan potensielt få store deler av byggenæringen som kunder. Det gagnar trolig ikke næringen totalt sett.

Det norske engasjementet omkring åpne standarder bidrar til at det er flere norske representanter i den europeiske BIM-komitéen. De formidler det norske synet på optimalisering av byggeprosesser gjennom forbedringer av den digitale kommunikasjonen og dataflyten basert på åpne standarder (Cobuilder, 2017). Standardene som vedtas i BIM-komitéen adopteres i Norge og innføres som «Norsk Standard».

5.2.3 Krav til prosjektstørrelse

For å få best mulig utnyttelse av de digitale verktøyene viser empiri fra Gol trafikkstasjon at prosjektet bør ha en viss størrelse. Det argumenteres med at det er knyttet store kostnader til omorganisering og at enkelte verktøy krever store områder for å være effektive. Ofte har mindre firmaer begrensede ressurser, noe som kan vanskeliggjøre overgangen til bruk av digitale verktøy. Samtidig finnes det eksempler på mindre bedrifter som har tatt i bruk digitale verktøy og kjørt papirløse prosjekter siden 2012 (Mesterbrev, 2016).

5.2.4 Byggherrens rolle i digitaliseringen

Byggherren sitter med stor makt i prosjekter og bestemmer hva som skal bygges. For å utvikle byggenæringen mener flere at byggherrens innflytelse er særlig viktig. Ved at byggherren krever papirfri byggeplasser, må entreprenørene tilpasse seg. Det kan by på utfordringer for mindre entreprenører som har begrensede ressurser. Samtidig behøver ikke størrelse på bedriften å bety noe, da det finnes eksempler på mindre entreprenører som har heldigitalisert sine prosjekter. I «digitalt veikart mot 2025» legges det derfor stor vekt på byggherrens betydning; «*Private og offentlige bestillere har et særskilt ansvar for å stille krav til digitale leveranser*» (BNL, 2017b, s.3).

5.2.5 Samhandling

Samhandling er selve grunnenheten i en prosjektorganisasjon (Kolltveit et al., 2009). Pilotprosjektene oppgaven ser på var avhengig av tett samarbeid mellom byggherre og entreprenør for å finne ut om verktøyene kunne gi ønsket effekt. Sammen skapte de en felles forståelse for hva som var ønskelig å oppnå, noe som bidro til god samhandling gjennom prosjektene. Statens Vegvesen innførte i 2010 en obligatorisk samhandlingsfase i alle sine prosjekter. Ønsket var bedre samhandling og mindre konflikt mellom partene. Ved å skape en felles oppgaveforståelse med definerte strukturer og regler for samhandlingen konkluderes det med at tiltaket var vellykket (Kvålshaugen & Swärd, 2018). Skal den gode samhandlingen opprettholdes gjennom prosjektet må det være en løsningsorientert atferd og ledelse. Samtidig er det viktig å myndiggjøre de som faktisk utfører arbeidene, slik at de kan finne gode løsninger. Det var nettopp dette som var et av fokusområdene for Statsbygg da de lyste ut pilotprosjektene. De hadde sine forventninger, men ønsket innspill og idéer fra entreprenørene. Gjennom å jobbe med åpen bok var det ingen hemmeligheter i prosjektet, og gjennomføringen gikk nesten uten krangler. Nøkkelordet fra byggherren var tillit mellom aktørene.

5.3 Menneske og digitalisering

I delkapitlene diskuteres «forholdet» mellom menneske og digitalisering.

5.3.1 Opplæring

Kalsaas (2017) beskriver økt motivasjon og trivsel som en signifikant forutsetning for læring. BIM-koordinatorene viste stort engasjement og vilje til bruk av digitale verktøy. Det kan også medføre at de blir for «naive» for hvor enkel og intuitiv innlæringen av de digitale verktøyene er. For fagarbeidere, gjerne litt eldre, kan bruk av digitale verktøy være vanskelig å lære. Byggeplasser består i hovedsak av håndverkere, og arbeidsplassens kultur og miljø, herunder proaktive holdninger til nytenkning, er også sentralt for å få gode læringsbetingelser (Kalsaas, 2017). Dersom det oppstår negative holdninger til nye måter å jobbe på kan læringsbetingelsene svekkes.

En rapport fra KPMG (2014) konkluderte med at et av de største hindrene for digitalisering er manglende kompetanse. Det er derfor avgjørende å gjøre grundig opplæring av alle ansatte.

Kalsaas (2017) oppfordrer til å sette sammen team med erfarne og mindre erfarne arbeidere for utveksling av kunnskaper, både på det tekniske, men også i arbeidet. Et potensielt alternativ til læring er tverrfaglige gruppemøter ved en BIM-kiosk.

Prosjektene opplevde at de fleste var interesserte i å lære seg å benytte digitale verktøy. Spesielt prosjektet på Gol, som selv opplevde innføringen av digitale verktøy som en suksess, grunnet en ung arbeidstokk med en sterk motivasjon for å få til digitaliseringen.

5.3.2 Brukergrensesnitt

Det er bemerkelsesverdig at brukergrensesnittet oppleves bedre av BIM-koordinatorene enn av fagarbeiderne. Det kan tenkes at den tekniske bakgrunnskunnskapen skaper et skille, og at enkelte blir «blendet» til å tro at programmene er intuitive nok til å drive seg selv. Tilbakemeldingene fra prosjektene tyder på at innføringen av digitale verktøy går bra, men enkelte opplevde noen av verktøyene som mindre intuitive. Det kan komme av begrensede forkunnskaper eller lite tid til opplæring. Det kan også komme av for dårlig eller manglende opplæring.

Det er viktig å bemerke at det er benyttet forskjellig programvare i prosjektene. Det kan påvirke meningene som kom fram i intervjuene.

5.3.3 Endringer

Endring innebærer i mange tilfeller en nytenkning. Statsbygg (2018) sitt krav om papirfri byggeplasser innebærer at byggenæringen må finne nye måter å utføre eksisterende oppgaver på (Jacobsen & Thorsvik, 1997). For enkelte kan det oppstå en frykt for det ukjente, da endring betyr at man går fra en sikker tilstand, noe man vet noe om, til en situasjon preget av usikkerhet (Jacobsen & Thorsvik, 1997). Teorien sammenfaller med resultatene som tyder på at enkelte ikke ønsker å benytte de digitale verktøyene. Spesielt ofte nevnes underentreprenører og den eldre generasjonen. Det kan knyttes til Jacobsen & Thorsvik (1997) sin teori om tap av identitet som en annen kilde til endringsmotstand. Gjennom mange år i jobben skapes en mening om hvordan ting skal gjøres. Ved store endringer, som innføring av digitale verktøy, kan det faste meningsmønsteret brytes. Jacobsen & Thorsvik (1997) beskriver også kravet om ny kunnskap og kompetanse som kilde til endringsmotstand. For en arbeider som har løst sin oppgave på samme måte

gjennom mange år, kan ny teknologi som blir «presset» på føles skremmende, og det kan oppstå en frykt for at deres spesielle kunnskap mister sin verdi.

Dette forsterker konklusjonen til QVARTZ & Microsoft (2017) som konkluderer med at manglende fokus internt begrenser de ansattes forståelse for digitalisering. Der bedriften søker endringsvilje fra de ansatte møter bedriften endringsmotstand og frykt.

5.4 Diskusjon av metode

Ved å benytte metodetriangulering søkte oppgaven etter å identifisere tiltakene som er iverksatt for å digitalisere byggenæringen på veien mot målene satt i «Det digitale veikartet mot 2025». De digitale verktøyene ble drøftet gjennom dybdeintervjuer for å studere meninger, holdninger og erfaringer nøkkelpersonell i de aktuelle prosjektene har dannet seg. Dokumentstudier ble benyttet for å danne en grunnleggende forståelse av temaet til utarbeidelse av teorikapitlet og intervjuer. For å styrke oppgavens troverdighet ble intervjuene kvantifisert i form av en spørreundersøkelse.

5.4.1 Oppgavens validitet

I oppgaven ble datagrunnlaget, informantene, valgt fra pilotprosjekter innenfor temaet. Gjennom intervjuer med aktører i forskjellige roller fra tre ulike prosjekter representerer innhentet informasjon et bredt spekter av tanker og meninger om den pågående digitaliseringen av byggenæringen. Dette sikrer god validitet. Innhentet data fra intervjuer sammenlignes med tidligere gjennomførte dokumentstudier av rapporter, artikler og forskning av lignende temaer. Flere tidligere publiserte rapporter, artikler og forskning samsvarer med denne oppgavens resultater, noe som vitner om god validitet.

For å styrke validiteten ytterligere er deler av datagrunnlaget fra intervjuene kvantifisert i form av en spørreundersøkelse som gir tallfestede svar på informantenes tilfredshet med de aktuelle verktøyene. Spørreundersøkelsen ble laget tidlig i prosessen, slik at enkelte spørsmål i undersøkelsen har noe begrenset relevans og kan svakke validiteten.

Antallet gjennomførte dybdeintervjuer i oppgaven er 13. Det kan være en svekkelse av validiteten (Tjora, 2010). Samtidig er byggenæringen i en omstillingsfase hvor nye metoder testes ut, og 13 intervjuer fordelt på tre prosjekter kan sees på som tilstrekkelig. Det

underbygges av forfatteren, som opplevde metning på slutten av intervjufasen ved at svarene samsvarte med tidligere gjennomførte intervjuer.

Resultatene vitner om et skille i brukertilfredsheten mellom fagarbeiderne og funksjonærer. Funksjonærene, særlig BIM-koordinatorene, virker å være mer tilfreds med de digitale verktøyene. For å styrke denne empirien burde oppgaven hatt flere intervjuer rettet mot fagarbeiderne. Samtidig er en masteroppgave tidsbegrenset, og det virker lettere å få organisert intervjuer med funksjonærer enn fagarbeidere.

Masteroppgaven er skrevet av én forfatter alene. Det fører til at forfatteren ofte «diskuterer» med seg selv. Med to forfattere kunne oppgaven fått flere synsvinkler, noe som kan styrke oppgavens validitet gjennom diskusjoner, refleksjoner og muligheten til å ta inn mer relevant informasjon. Samtidig kan flere forfattere føre til uoverensstemmelser og mindre produktivitet, da det krever enighet om avgjørelser. Forfatteren har også mulighet til å diskutere oppgavens innhold med veileder som er kyndig på området. Noe som styrker oppgavens validitet.

5.4.2 Reliabilitet

For å øke kunnskapsnivået om temaet ble dokumentstudier gjort på forhånd. Disse ga forskeren et overblikk over hvordan byggenæringen digitaliserer. Samtidig må forskerens forkunnskaper kunne sies å være begrenset, noe som kan svekke oppgavens reliabilitet, men samtidig styrke reliabiliteten gjennom å se på tiltakene uten å være farget på forhånd. Mangelen på erfaring og kunnskap hos forfatteren kan også ha bidratt negativt i intervjuene, da erfaringen og lærdommen fra de to første intervjuene i stor grad dannet grunnlaget for oppgaven og de neste ti intervjuene. Det har farget spørsmålene og kan ha ledet informantene i retninger som ikke er til oppgavens beste. Samtidig kan det høye kunnskapsnivået fra de to første intervjuobjektene ha bidratt til at spørsmålene treffer temaet bedre, og kan styrke reliabiliteten.

Den relativt frie samtalen under dybdeintervjuene med tilhørende digresjoner kan også ha bidratt til at informantene i for stor grad pratet om ting som er irrelevant for oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Dersom forfatteren satt på mer kunnskap kunne uønskede digresjoner i større grad vært unngått og reliabiliteten vært styrket. Samtidig ga

digresjonene rom for tanker forfatteren ikke hadde sett for seg, og kan derfor styrke reliabiliteten.

Enkelte av kildene som er benyttet i oppgaven stammer fra tidligere masteroppgaver og avisartikler. Spesielt sistnevnte kan svekke oppgavens reliabilitet. Det har også vært benyttet kilder med sterkt renommé, som forskningsartikler og rapporter fra store offentlige aktører. Disse bidrar til å øke oppgavens reliabilitet. At teknologien går så raskt at det hele tiden skjer store endringer i digitaliseringsverden, gjør at reliabiliteten svekkes ved bruk av gammel teori.

Mangelen på nøye transkribering i etterkant av intervjuene kan være en svekkelse av oppgavens reliabilitet. Samtidig har det spart forfatteren for mye tid, tid som ble benyttet til litteraturstudie og oppgaveskriving, som igjen kan styrke oppgavens reliabilitet.

Det er i oppgaven valgt å benytte enkelte sitater. Sitatene er ment for å forsterke budskapene som kom fram gjennom intervjuene. Ingen av sitatene skiller seg ut fra det mengden mente.

5.4.3 Generalisering

Oppgaven gjennomføres med metodetriangulering og innhenter data fra pilotprosjekter innenfor digitalisering i byggenæringen. Prosjektene varierer i størrelse og anses for å representere et relativt bredt spekter av mulige prosjekter. Med samsvar i resultater, både innad i prosjektene, og på tvers av næringer gjennom annen forskning, anses oppgaven som generaliserbar. Dette kommer av gode metodevalg og resultatene fra denne oppgaven kan trolig gjenskapes av andre forskere. Oppgavens validitet og reliabilitet styrker utsagnet og overføringseffekten mot andre prosjekter er tilstedeværende. Lignende næringer som anleggsnæringen kan også nyttiggjøre seg av oppgavens resultater og erfaringer. Samtidig er datagrunnlaget innsamlet og bearbeidet over kort tid, og kan på den måten bidra til å svekke resultatene og overførbarheten.

6 Oppsummering

Dette kapittelet oppsummerer oppgaven med utgangspunkt i forskningsspørsmålene før oppgaven konkluderer. Til slutt legges det til forslag til videre forskning.

6.1 Hvilke digitale verktøy benytter byggenæringen?

Byggenæringen digitaliserer ved å benytte digitale verktøy i prosjektering, utførelse og drift. I prosjektene oppgaven ser på innebærer det bruk av bygningsinformasjonsmodell, BIM-kiosk, digitale håndholdte enheter, drone, digital simulator, digital oppslagstavle, automatisering, utvidet virkelighet, virtuell virkelighet, radiofrekventidentifikasjon og QR-koder.

6.2 Hvilke utfordringer medfører digitaliseringen?

Aktiv bruk av digitale verktøy i byggenæringen krever en omstilling hos medarbeiderne i prosjektene. Erfaringene tilsier at arbeiderne har forskjellig innstilling og motivasjon til innføringen av de digitale verktøyene. Enkelte ønsker ikke å ta de i bruk, andre har utfordringer med å lære seg funksjonene. Resultatene viser at brukergrensesnittet i enkelte programmer og applikasjoner ikke er intuitivt nok. Dermed krever bruk av verktøyene grundig opplæring, spesielt gjelder dette for eldre brukere.

Flere av de digitale verktøyene er helt nye for byggenæringen og noen av programmene som ble brukt var underutviklet. De fleste verktøyene krever også kostbare investeringer, derfor er det essensielt at byggherren stiller krav om digital byggeplass, hvis ikke velger entreprenørene den enkleste løsningen som trolig ikke innebærer bruk av digitale verktøy. Digitalisering stiller også store krav til nøye planlegging, spesielt fra de prosjekterende. Det ble forsøkt med *tegningsløst* prosjekt, men det ble skrinlagt raskt. Det var også knyttet utfordringer til koordinering av de prosjekterende slik at de jobbet ut i fra samme nullpunkt i BIM-modellen.

Enkelte opplever utfordringer ved bruk av digitale håndholdte enheter i produksjonen grunnet liten skjermstørrelse, spesielt tilknyttet tolkning av 3D-modellen og tegninger. Kulde og regn medfører også problemer tilknyttet batteritid og dårlig respons på touchskjermen på de digitale håndholdte enhetene.

Digitalisering medfører også enkelte tekniske utfordringer ved programmer som slutter å fungere og at brannmurer blokkerer informasjonsdeling. Mangelen på standarder tilknyttet digitalisering i næringen fører til at prosjekter jobber i ulik retning. Det er også utfordringer ved at prosjekter blir «tvunget» til å bruke spesifikke programmer for å åpne filer. Dette skyldes mangel på åpne filformater.

Heldigitale prosjekter krever også mer enn normalt av hovedentreprenøren. Mange løsninger er nye og det må påregnes mye tid til opplæring, koordinering og videreformidling til underentreprenører.

6.3 Hvilke gevinster medfører digitaliseringen?

Digitalisering bidrar til at arbeiderne alltid har tilgang på de oppdaterte tegningene fra BIM-kiosker eller digitale håndholdte enheter. Standardiserte maler på de håndholdte enhetene forenkler kvalitetssikring, vernerunder, rapportering av uønskede hendelser og avviksrapportering betydelig. Tilgang på all nødvendig informasjon gjør at papirutskrifter av byggetegninger kan elimineres. Det bidrar også til bedre samhandling og økt informasjonsflyt via programmer og applikasjoner. BIM-kiosker gir oversikt og bidrar til bedre tverrfaglig forståelse og økt samhandling mellom fagarbeiderne.

Fra bygningsinformasjonsmodellen gjøres krasjtester automatisk og visualiseringsmuligheten bidrar til at feil kan oppdages tidlig og endringer gjøres i modellen, ikke ute på byggeplass. Dette kan spare byggherren og entreprenøren for store kostnader, bidra til færre byggefeil og økt kvalitet. Den store informasjonsmengden i modellen muliggjør også å prosjektere og bygge mer komplekse bygg. For driftsfasen brukes modellen aktivt i oppfølging av bygg via sensorer i alle bygningskomponenter. Fra modellen kan entreprenøren gjøre nøyaktig mengde- og materialuttak, som kan medføre positive ringvirkninger for miljøet grunnet mindre svinn. Kalkulasjonsprogrammer tilknyttet modellen gjør det mulig for entreprenører å gjøre bedre og mer effektive beregninger på nye oppdrag.

Automatisering og digital simulator bidrar i stor grad til bedre HMS ved at arbeiderne ikke utsettes direkte for fare og risiko, og ved økt fokus gjennom grundig og visualisert sikkerhetsopplæring. Drone bidrar også med geodata som kan gjøre gravemaskiner autonome. Digital oppslagstavle forenkler hverdagen for administrasjonen og gir bedre og raskere tilgang på nødvendig informasjon tilknyttet prosjektet. Med 4D-planlegging visualiserer framdriften og bidrar til bedre planlegging og økt sikkerhet på byggeplassen.

6.4 Konklusjon

Studien viser at byggenæringen ser åpenbare fordeler ved å benytte seg av digitale verktøy. Det konkluderes med at verktøyene forenkler og forbedrer store deler av byggeprosessen. Samtidig er enkelte verktøy og programvarer underutviklet og krever forbedring dersom næringen skal ha nytte av dem.

6.5 Videre forskning

Denne oppgaven har fokusert på å kartlegge erfaringer ved bruk av digitale verktøy i tre byggeprosjekter. Hovedfokuset i oppgaven har vært rettet mot funksjonærer og ledere. Indikasjoner fra enkelte intervjuer tyder på at det er en avstand i hvor tilfreds funksjonærer, særlig BIM-koordinatorene, og fagarbeidere er med de digitale verktøyene. Derfor kan et videre studie undersøke om fagarbeidere virkelig er mindre tilfreds med de digitale verktøyene enn deres ledere.

Fra oppgaven kommer det fram at enkelte mener BIM-kiosker vil fases ut, da mange av funksjonene dekkes av de digitale håndholdte enhetene. Et videre studie kan kartlegge hvor mye BIM-kiosker benyttes i prosjekter hvor arbeiderne også har tilgang på informasjon fra digitale håndholdte enheter. Det kan gi en indikasjon på om det er nyttig å ta med seg BIM-kiosk i nye, framtidige prosjekter.

Digital simulator er en kostbar investering og enkelte mener det er unødvendig og tidkrevende. Andre var veldig fornøyde, og statistikken viser at antall alvorlige skader på byggeplassen som benyttet digital simulator var null. Erfaringen stemmer med et prosjekt gjennomført i Danmark. Et videre studie kan være av flere prosjekter som har benyttet digital simulator. Dette for å bekrefte, eller avkrefte, at digital simulator bidrar til tryggere byggeplasser.

Denne oppgaven viser til at enkelte verktøy og programvare var underutviklet i tiden prosjektene pågikk. Teknologi utvikles svært raskt, og enkelte av verktøyene kan være veldig mye bedre allerede i skrivende stund. Derfor kan et videre studie ta for seg om bruk av utvidet virkelighet eller radiofrekventidentifikasjon viser seg å være nyttig for næringen. Det samme kan gjøres om automatisering, for eksempel med borerobot.

Referanser

- AktuellSikkerhet. (2018). *Enklere å måle svinnet med RFID*. Tilgjengelig fra: <http://aktuellsikkerhet.no/enklere-analysere-svinnet-med-rfid> (lest 05.05.2019).
- Andreassen, A. (2019, 09.01.2019). *Industrialisering av byggeprosjektene*, Oslo.
- Anleggsmaskinen. (2017). *Miljøvenlig robotriving*. Tilgjengelig fra: <https://anleggsmaskinen.no/2017/02/miljoevennlig-robotriving/> (lest 08.04.2019).
- APXsystems. (2018). *Buisness case; Nasjonalmuseet tester bruk av RFID* (PDF-vedlegg i e-post 06.05.2019).
- APXsystems. (2019). *Hva er RFID og hva kan det brukes til?* Tilgjengelig fra: https://apx-systems.com/hva-er-rfid-og-hva-kan-det-brukes-til/?gclid=Cj0KCQjwnKHBRDLARIsAMtMHDH5p6xZVKImZEo9IJOB4x8fmb3AJ9VkgY1S7SFTpJ-n6qIGdo9m1oAaAqC1EALw_wcB.
- Arbeidstilsynet. (2013). *Tilstandsanalyse i bygg og anlegg*. Kompass Tema nr. 4 2013.
- Arbeidstilsynet. (2017). *Håndværkere spiller sig ind på byggepladsen*. Tilgjengelig fra: <https://amid.dk/inspiration-fra-andre/ulykker/haandvaerkere-spiller-sig-ind-paa-byggepladsen/> (lest 06.04.2019).
- Aubert, W. (1985). *Det skjulte samfunn*. 2. utg. Oslo: Universitetsforlaget.
- BNL. (2017a). *Digitalt veikart*. for en heldigitalisert, konkurransedyktig og bærekraftig BAE-næring. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg21.no/contentassets/0f0364f3e2cf49d088f905293ac8e6e1/digitalt-veikart-bae-naeringen.pdf> (lest 11.03.2019).
- BNL. (2017b). *Digitalt veikart for BAE næringen for økt bærekraft og verdiskapning*. https://ideffector-prod.s3.amazonaws.com/digitaltveikart2017/210917_Digitalt_veikart_for_BAE.PDF.
- Bråthen, K. & Moland, L. E. (2016). *Samhandlingsfase og BIM på byggeplass*. Erfaringer fra Urbygningen ved NMBU.
- BuildingSMART. (2014). *buildingSMART Datamodell*. Tilgjengelig fra: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell> (lest 07.05.2019).
- BuildingSMART. (2018). - *Vi har mye å lære av olje- og gassnæringen*. Tilgjengelig fra: <https://buildingsmart.no/nyhetsbrev/2015-06/vi-har-mye-a-laere-av-olje-og-gassnaeringen> (lest 21.03.2019).
- Bygg21. (2014). *Sammen bygger vi framtiden*.
- Bygg21. (2019). Tilgjengelig fra: <https://www.bygg21.no> (lest 12.05.2019).
- Byggeindustrien. (2017). *Bruker 4D på et av Oslos mest spennende byggeprosjekt*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/annonsorinnhold/1332992?category=content+marketing> (lest 26.04.2019).
- Byggeindustrien. (2018a). *Denne roboten kan finne opp mot 40% avvik fra BIM til det faktisk bygde*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1354699?image=dp-image109749-1354700> (lest 10.05.2019).
- Byggeindustrien. (2018b). *Fjerner papir med digital oppslagstavle på Statsbygg-prosjekt*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1372763> (lest 04.05.2019).
- Byggeindustrien. (2018c). *Multiconsult mener VR gir bedre prosjektering*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1372392> (lest 07.05.2019).

- Byggeindustrien. (2018d). *Statsbygg innfører krav om papirløse byggeplasser*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1362995> (lest 25.03.2019).
- Byggeindustrien. (2019a). Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no> (lest 12.05.2019).
- Byggeindustrien. (2019b). *Møtes i virtuelle BIM-møter med ny VR-løsning*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/article/1391211> (lest 12.05.2019).
- Byggfakta. (2018). *Smartere arbeidsdag med BIM-kiosk*. Tilgjengelig fra: <https://www.byggfakta.no/smartere-arbeidsdag-med-bim-kiosk-131414/nyhet.html> (lest 05.05.2019).
- Byggforsk, S. (2008). *Byggskadeomfanget i Norge*. En vurdering basert på tidligere arbeid og nye data. Oslo. Tilgjengelig fra: <https://www.sintefbok.no/book/index/85> (lest 05.04.2019).
- Ceritor. (2019). *Slik fungerer den digitale HMS tavlen*. Tilgjengelig fra: <https://certior.no/digital-hms-tavle> (lest 08.04.2019).
- CHECKD. (2018). *Derfor vil augmented reality omvelte hele byggebransjen*. Tilgjengelig fra: <https://www.checkd.it/blogg/derfor-vil-augmented-reality-omvelte-hele-byggebransjen> (lest 05.05.2019).
- Cobuilder. (2017). *åpenBIM standardene har blitt «Norsk Standard»*. Tilgjengelig fra: <https://cobuilder.com/nb/aapenbim-standardene-har-blitt-norsk-standard/> (lest 07.05.2019).
- DaleCarnegie. (2017). *Digitale verktøy erstatter ikke fysisk kommunikasjon på arbeidsplassen*. Tilgjengelig fra: <https://www.dalecarnegie.no/digitale-verktoy-erstatter-ikke-fysisk-kommunikasjon-pa-arbeidsplassen/> (lest 07.05.2019).
- Dalland, O. (2007). *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 4. utg. Oslo: Gyldendal.
- Deloitte. (2018). *5 ganger du har brukt augmented reality uten å vite det*. Tilgjengelig fra: <https://www2.deloitte.com/no/no/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/augmented-reality-bruk.html> (lest 05.05.2019).
- Dennis, P. (2015). *Lean production simplified*. 3. utg. Boca Raton: CRC Press.
- DiBK. (2015). *Erfaringer med FDV-dokumentasjon*.
- Flyen, C. (2016). *Samhandling og BIM tidlig i byggeprosessen*. Eikefjord-modellen - pilot for uttesting.
- FN-Sambandet. (2018). *Befolkning, migrasjon og urbanisering*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Befolkning> (lest 25.03.2019).
- Forskning. (2016). *Kan vi bruke betong med god klimasamvittighet?* Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/bygningsmaterialer-klima/kan-vi-bruke-betong-med-god-klimasamvittighet/379248> (lest 08.04.2019).
- Google. (2019). Tilgjengelig fra: <https://www.google.no/> (lest 12.05.2019).
- GoogleScholar. (2019). Tilgjengelig fra: <https://scholar.google.no> (lest 12.05.2019).
- Graphisoft. (2019). BIM.
- Holte. (2019). *Effektivt HMS og KS-arbeid*. Tilgjengelig fra: <https://holte.no/no/nyhet/effektivt-hms-og-ks-arbeid> (lest 12.05.2019).
- Holter, S. (2018). *Digitalisering av produksjonsfasen i byggeprosjekter*. Masteroppgave. Trondheim: Norges Teknisk- Naturvitenskapelige Universitet. Tilgjengelig fra: https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2563274/18517_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y (lest 25.03.2019).
- IRIS. (2018). *Digitalisering i petroleumsnæringen - Utviklingstrender, kunnskap og forslag til tiltak*. Technical report march 2018. Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/328578742_Digitalisering_i_petroleu

- [msnaeringen - Utviklingstrender kunnskap og forslag til tiltak IRIS-rapport 2018001](#) (lest 04.05.2019).
- Isaksson, A., Linderoth, H., Bosch-Sijtsema, P. & Lennartsson, M. (2016). *BIM Use in the production process among medium sized contractors - A survey of Swedish medium sized contractors*.
- Jacobsen, D. I. & Thorsvik, J. (1997). *Hvordan organisasjoner fungerer*. 3. utg. Bergen: Fagbokforlaget.
- Kalsaas, B. T. (2017). *Lean Construction*. 1. utg. Bergen: Fagbokforlaget.
- Kolltveit, B. J., Lerheim, J. & Reve, T. (2009). *Prosjekt - strategi, organisering, ledelse og gjennomføring* 3. utgave. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kongsberg. (2019). *K-SIM Safety*. Tilgjengelig fra: <https://www.kongsberg.com/digital/news-and-media/news-archive/2019/advanced-new-firefighting-simulator-improves-maritime-safety-training/> (lest 04.05.2019).
- KPMG. (2014). *Kartlegging av hindre for digitale forretningsprosesser*. Rapport på oppdrag for Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Oslo: Kommunal- og moderniseringsdepartementet.
- Kvale, S. (1997). *Det kvalitative forskningsintervju*. 1. utg. Oslo: Gyldendal.
- Kvålshaugen, R. & Swärd, A. R. S. (2018). *Sluttrapport «Samhandling og prosessledelse»*.
- Lindhard, S. & Wandahl, S. (red.). (2012). *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, USA*, . Improving the making ready process- exploring the preconditions to work tasks in construction, b. 20: International Group for Lean Construction.
- Marschall, T. & Kaspersen, A. (2018). *Digitalisering handler mer om mennesker enn om teknologi*. Tilgjengelig fra: <https://www.dagensperspektiv.no/2018/digitalisering-handler-mer-om-mennesker-enn-om-teknologi> (lest 01.05.2019).
- Mejlænder-Larsen, Ø. (2015). Generalising via the case studies and adopting the oil and gas industry's project execution concepts to the construction industry. *ScienceDirect*, 21: 271 - 278 doi: 10.1016/S2212-5671(15)00177-X.
- Mesterbrev. (2016). *Slik kan byggenæringen spare 30 milliarder på digitalisering*. Tilgjengelig fra: <http://www.mesterbrev.no/byggenæringen-kan-spare-30-milliarder-pa-digitalisering/> (lest 06.05.2019).
- Microsoft. (2019). *HoloLens2*. Tilgjengelig fra: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens> (lest 13.05.2019).
- Murvold, V. & Vestermo, A. (2016). *Bruk av BIM-kiosker i produksjonsfasen av byggeprosjekter*. Masteroppgave. Trondheim: NTNU. Tilgjengelig fra: https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2406909/14517_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y (lest 09.05.2019).
- NHO. (2018). *Verden og oss*. Næringslivets perspektivmelding 2018.
- nLink. (2019). *Revolutionizing construction*. Tilgjengelig fra: <https://www.nlink.no> (lest 08.04.2019).
- NRK. (2018). *Spillet som kan redde liv*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/buskerud/spillet-som-kan-redde-liv-1.13902352> (lest 06.04.2019).

- NæringsEiendom. (2017). *Den neste revolusjonen?* Tilgjengelig fra: <http://a.naringseiendom.no/2017/06/20/den-neste-revolusjonen/> (lest 05.05.2019).
- Oria. (2019). Tilgjengelig fra: https://bibsyst-almaprimo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?sortby=rank&vid=NMBU&lang=no_NO (lest 12.05.2019).
- PEAB. (2018). *Peab bygger Carl Berner Torg i Oslo.* Tilgjengelig fra: <https://peab.no/presserom/nyheter-og-pressemeldinger/peab-bygger-carl-berner-torg-i-oslo/> (lest 25.04.2019).
- QVARTZ & Microsoft. (2017). *Digital Transformation Report 2017 Norway.* How the largest norwegian companies address digital transformation. Tilgjengelig fra: https://qvarzt.com/media/1574/digitaltransformationreport_norway.pdf (lest 01.05.2019).
- Rambøll (red.). (2018). *Gol sambruksstasjon og døgnhvileplass (Digibbygg).* Oslo: Rambøll.
- Regjeringen. (2014). *Digitalisering i offentlig sektor.* Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/statlig-forvaltning/ikt-politikk/digitaliseringen-i-offentlig-sektor/id2340245/> (lest 25.04.2019).
- Regjeringen. (2016). *Grønne løsninger krever digitalisering.* Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/gronne-losninger-krever-digitalisering/id2500254/> (lest 25.03.2019).
- Selmar, J. B. (2018). *Paper Free.* Upublisert manuskript.
- SINTEF. (2017). *Flerkulturelle arbeidsplasser i byggenæringen. Kartlegging av muligheter og utfordringer.*
- Skanska. (2018). *Hva er egentlig BIM?* Tilgjengelig fra: <https://relasjon.skanska.no/hva-er-egentlig-bim/> (lest 21.03.2019).
- Skanska. (2019). *Byggeplassen digitaliseres.* Tilgjengelig fra: <https://relasjon.skanska.no/byggeplassen-digitaliseres/> (lest 25.03.2019).
- SmartDok. (2018). *Rapport om uønskede hendelser (RUH) i SmartDok!* Tilgjengelig fra: <https://www.smartdok.no/smartdok-lanserer-ruh-hms-ks-modul/> (lest 12.05.2019).
- SNL. (2016). *Virtuell virkelighet.* Tilgjengelig fra: https://snl.no/virtuell_virkelighet (lest 26.04.2019).
- SNL. (2018a). *Automatisering.* Tilgjengelig fra: <https://snl.no/automatisering> (lest 25.04.2019).
- SNL. (2018b). *Drone.* Tilgjengelig fra: <https://snl.no/drone> (lest 06.04.2019).
- SNL. (2018c). *Utvidet virkelighet.* Tilgjengelig fra: https://snl.no/utvidet_virkelighet (lest 06.04.2019).
- SNL. (2019). Tilgjengelig fra: <https://snl.no> (lest 12.05.2019).
- SSB. (2018a). *Bygge- og anleggsvirksomhet, strukturstatistikk.* Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/stbygganl> (lest 27.02.2019).
- SSB. (2018b). *Fakta om Befolkningen.* Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/befolkning/faktaside/befolkningen> (lest 25.03.2019).
- SSB. (2019a). Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no> (lest 12.05.2019).
- SSB. (2019b). *Avfall fra byggeaktivitet.* Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/avfbygganl> (lest 05.04.2019).

- SSG. (2018). *Slik skal Statsbygg simulerer seg bort fra ulykker*. Tilgjengelig fra: <https://ssgr.no/aktuelt/slik-skal-statsbygg-simulere-seg-bort-fra-alvorlige-ulykker> (lest 06.04.2019).
- Standard-Norge. (2019). Standardisering.
- Statsbygg. (2016a). *Høgskolen i Østfold, Remmen. Påbygg*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/HiOf-Remmen-Pabygg/> (lest 25.04.2019).
- Statsbygg. (2016b). *Sambruksstasjon og døgnhvileplass, Gol*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/Sambruksstasjon-Gol/> (lest 26.02.2019).
- Statsbygg. (2018). *Digitale kontraktskrav*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2018/Digitale-kontraktskrav/> (lest 26.02.2019).
- Statsbygg. (2019). *Digibyg*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/Prosjekter-og-eiendommer/Byggeprosjekter/Digibyg/> (lest 06.04.2019).
- Teknofil. (2015). *Derfor kommer nesten alle vanntette mobiler fra Japan*. Tilgjengelig fra: <https://www.tek.no/artikler/hadde-det-ikke-vaert-for-mobilbruk-i-dusjen-hadde-vi-ikke-lagd-vanntette-mobiler/192373> (lest 10.05.2019).
- Tjora, A. (2010). *Kvalitative forskningsmetoder*. 3. utg. Oslo: Gyldendal.
- TransformationTools. (2017). *Digibyg på Gol: Heldigitalt og papirløst byggeprosjekt*. Tilgjengelig fra: <https://transformationtools.no/articles/17/heldigitalt-byggeprosjekt/> (lest 06.04.2019).
- TU. (2013). *Norske offshore-flygere får simulator til 180 millioner*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/norske-offshore-flygere-far-simulator-glis-til-180-millioner/234469> (lest 04.05.2019).
- TU. (2016). *Nytt dronesamarbeid: Slik vil de droppe stillas og klatring offshore*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/nytt-dronesamarbeid-slik-vil-de-droppe-stillas-og-klatring-offshore/276329> (lest 05.05.2019).
- TU. (2017). *Byggeskader koster samfunnet 17 milliarder i året*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/byggeskader-koster-samfunnet-17-milliarder-i-aret-eksperter-mener-nye-byggeregler-bor-lose-problemet/383217> (lest 05.04.2019).
- TU. (2018a). *IBMs digitale tvilling skal hjelpe byggenæringen å bli bærekraftig*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/ibms-digitale-tvilling-skal-hjelpe-byggenaeringen-a-bli-baerekraftig-br/449543> (lest 26.04.2019).
- TU. (2018b). *Sparer millioner på å sjekke kraftlinjene med droner*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/sparer-millioner-pa-a-sjekke-kraftlinjene-med-droner/228853> (lest 10.05.2019).
- Tønsbergprosjektet. (2016). *BIM: Fra 3D til 7D*. Tilgjengelig fra: <http://tonsbergprosjektet.no/bim-fra-3d-til-7d/> (lest 26.04.2019).
- Westhagen, H. (2008). *Prosjektarbeid - Utviklings- og endringskompetanse*. Oslo: Gyldendal Akademisk.

Vedlegg

Vedlegg 1 – Intervjuguide

Intervjuguide – «Digitalisering av byggenæringen»

Dybdeintervju

Tidsbruk: Ca. 45-60 min.

Rammesetting:

1. Løs prat
2. Informasjon

Bakgrunn:

Bygg- og anleggsnæringen er en av Norges største næringer med nærmere 250 000 ansatte fordelt på 58 000 foretak. Næringen har av enkelte blitt omtalt som både konservativ og lite innovativ.

Høsten 2017 gikk store deler av bygg- og anleggsnæringen sammen og laget et «Digitalt veikart mot 2025». Det er et felles digitalt veikart for omstillingen næringen nå skal gjennom. Veikartet er ment som et overordnet rammeverk for hvordan næringen må jobbe for å bli en heldigital, konkurransedyktig, bærekraftig og seriøs næring i 2025. Grunntanken bak samarbeidet er at næringen må jobbe sammen, og ikke hver for seg. Sammen skal næringen oppnå reduserte byggekostnader, raskere prosjektgjennomføring, effektiv drift og lavere klimagassutslipp.

For å nå målene har særlig de private og offentlige bestillerne et stort ansvar. De må stille krav til digitale leveranser gjennom bruk av «digital byggeplass» og «». Det medfører utfordringer, men også nye muligheter for entreprenørene. Mange aktører har allerede tatt i bruk digitale verktøy, eksempelvis implementering av BIM. Utfordringen er at aktørene hittil har jobbet hver for seg, og dermed går glipp av store gevinster. Det er først når man jobber sammen, koordinerer plattformene og tar i bruk flere digitale løsninger at gevinsten virkelig viser seg.

Gjennom en heldigitalisering av næringen kan kostnadsbesparelsene gi en årlig gevinst på omkring 20%, tilsvarende over 100 milliarder norske kroner i året.

Formål:

Formålet med denne masteroppgaven er å identifisere og analysere digitaliseringstiltak som er implementert i prosjektene på Gol trafikkstasjon, Høgskolen i Østfold og Carl Berner Torg. Digitaliseringstiltak innebærer bruk av digitale verktøy som digital simulator, digital oppslagstavle, digitale håndholdte enheter, bruk av BIM-kiosk, drone, AR- og VR-teknologi, automatisering og planlegging i inntil 7 dimensjoner. Oppgaven ønsker å drøfte

hvordan disse implementeringene har påvirket prosjektene med innspill fra et bredt og representativt utvalg av ledere, funksjonærer og fagarbeidere for å best mulig få fram deres perspektiver som opplever digitaliseringen på nært hold. Med bakgrunn i dette søker oppgaven å besvare problemstillingen.

Tema: «Digitalisering av byggenæringen»

Problemstilling:

Hvilke erfaringer har byggenæringen så langt med bruk av digitale verktøy?

Forskningsspørsmål:

Hvilke digitale verktøy benytter byggenæringen?

Hvilke utfordringer medfører digitaliseringen?

Hvilke gevinster medfører digitaliseringen?

Grunnleggende informasjon:

3. Hvilken utdanning har du?
4. Kan du fortelle kort om din karriere i byggenæringen?
5. Hvilken stilling har du?

Heldigital byggeplass generelt:

6. Hvilke overordnede tanker har du om Heldigital Byggeplass?
7. Hvordan starter man et heldigitalt byggeprosjekt?

Prosjektet:

8. Hvilke konkrete digitaliseringstiltak ble iverksatt på dette prosjektet?
9. Hvilke endringer fører disse tiltakene til for PRO, ENT og BH sammenlignet med tradisjonell metode?
10. Hvilke utfordringer er tilknyttet de konkrete digitaliseringstiltakene?
11. Hvilke fordeler/gevinster ga de konkrete digitaliseringstiltakene?
12. Hva kunne vært gjort annerledes?
13. Tanker for framtiden, hvordan skal vi digitalisere?
14. Oppsummering
15. Evt

Vedlegg 2 – Spørreskjema

Spørreundersøkelse/Survey heldigital byggeplass

Bakgrunnsopplysninger:

Kjønn: Mann Kvinne

Utdanning: _____

Antall års erfaring fra byggenæringen: _____

Hvilket prosjekt jobbet du på: Gol HiØ CBT

Rolle i prosjektet: _____

Hvor fornøyd er du totalt sett med bruken av følgende verktøy for å digitalisere prosjektet:

Drone

For å	Særdeles fornøyd	Veldig fornøyd	Fornøyd	Mindre fornøyd	Ikke fornøyd	Har ikke vært benyttet
Innhente geodata / Terrengkartlegging						
Ta oversiktsbilder over riggområdet						
Ta bilder til senere bruk i VR / Markedsføring						

Hvor fornøyd er du totalt sett med bruken av følgende verktøy for å digitalisere prosjektet:

Håndholdte enheter som smarttelefon eller nettbrett

Til bruk I/På	Særdeles fornøyd	Veldig fornøyd	Fornøyd	Mindre fornøyd	Ikke fornøyd	Har ikke vært benyttet
Vernerunder						
Rapportering av uønskede hendelser (RUH)						
Kvalitetssikring						
Bestilling av varer og tjenester						
Digital signering av overtagelsesprotokoller, kvitteringer, sjekklister etc						
Lese/se BIM modellen/digitale tegninger ute på byggeplass						
Avviks-/endringsrapportering (F.eks med AR scanning)						
Utarbeide SJA fra mal						
Sømløs informasjonsdeling via diverse programvare						

Hvor fornøyd er du totalt sett med bruken av følgende verktøy for å digitalisere prosjektet:

Digital simulator

Før	Særdeles fornøyd	Veldig fornøyd	Fornøyd	Mindre fornøyd	Ikke fornøyd	Har ikke vært benyttet
Digital inngangskontroll ved hjelp av spillteknologi						

Hvor fornøyd er du totalt sett med bruken av følgende verktøy for å digitalisere prosjektet:

Utvidet virkelighet – AR

For å	Særdeles fornøyd	Veldig fornøyd	Fornøyd	Mindre fornøyd	Ikke fornøyd	Har ikke vært benyttet
Gjennomføre kontroll på eget arbeid i f.eks Dalux						
Fange opp avvik i prosjektering eller fullført arbeid.						
Følge med i framdriftsplanen						

Hvor fornøyd er du totalt sett med bruken av følgende verktøy for å digitalisere prosjektet:

BIM-Kiosk

For / Som	Særdeles fornøyd	Veldig fornøyd	Fornøyd	Mindre fornøyd	Ikke fornøyd	Har ikke vært benyttet
En faglig møteplass						
Framdriftsmøter/Last planning						
Å se BIM-modellen/digitale tegninger ute på byggeplass						
Tverrfaglige diskusjoner						

Hvor fornøyd er du totalt sett med bruken av følgende verktøy for å digitalisere prosjektet:

Automatisering

Bruk av	Særdeles fornøyd	Veldig fornøyd	Fornøyd	Mindre fornøyd	Ikke fornøyd	Har ikke vært benyttet
Borerobot						
Vindusrobot (Innsetting av vinduer)						
Gipserobot						
Riverobot						
Automatisert prosjektering av armeringstegninger						

Benyttet dere noen av de følgende programvarene i prosjektet? Dersom dere gjorde det, hvor fornøyd er du med programvaren?

Programvare	Særdeles fornøyd	Veldig fornøyd	Fornøyd	Mindre fornøyd	Ikke fornøyd	Har ikke vært Benyttet
OneNote						
Dalux bok						
Dalux field						
Synchro						
SynchroSite						
TwinBIM						
Revisto						
Solibri						
Synergi						
Viscenario						
Infobric						
HMSreg						
Microsoft project						
Bygg Office						
Revit						
BIMstream						
Byggeweb						

Dersom dere brukte andre programmer kan du legge dem til her:

Vedlegg 3 – Ni årsaker til at arbeidet forsinkes

1 Construction design and management

- a) *Sufficient and correct plans, drafts, and specifications have to be present.*
 - a. *Drawings with wrong measurements*
 - b. *Outdated drawings*
 - c. *No clarification of project details*
 - d. *Missing approval of project design or details.*
- b) *Legal Aspects*
 - a. *Government authorizations*
 - b. *Building law and Eurocodes*
 - c. *Contracts and agreements*
- c) *Communication, coordination, collaboration, and individual mistakes*
 - a. *Misconceptions and oblivions*
 - i. *High work pressure*
 - ii. *Lacking skills/experience*
- d) *Adjustments in the schedule*
 - a. *Changes made to optimize the sequence*
 - b. *The conducted schedule is not realistic, cannot be executed*
 - c. *Changes in soundness of activities forces changes to be made*
 - d. *A complex and changing environment forces the schedule to be rethought*
 - i. *Unexpected conditions causing need for adjustments*
- e) *Incorrect time estimate*
 - a. *Activity takes longer or shorter than expected*

2 Components and materials

- a) *Correct materials*
 - a. *Wrong materials were delivered*
 - b. *Materials were not delivered*
 - c. *Materials does not fit the purpose*
 - i. *Drying of materials necessary because of moisture*
- b) *Materials are not present when assembling*
 - a. *Dwelling materials in the stock*

- b) *Materials are not present when assembling*
 - a. *Dwelling materials in the stock*
 - b. *Materials damaged in stock or during assembly*

3 Workers

- a) *Workers need to be present*
 - a. *Illness in the workforce*
 - b. *Unexpected or overlooked vacation*
 - c. *A contractor does not keep his commitments and do not show up*
 - i. *Forgets the agreements*
 - ii. *Keep his own schedule, and make adjustments*
- b) *Workers need to be qualified*
 - a. *Changes in the workforce*
 - i. *Working slower than expected*
 - ii. *Resulting in low quality and forcing rework*

4 Equipment and machinery

- a) *The correct equipment and machinery are present*
 - a. *Equipment are not delivered or delayed*
 - b. *Equipment used by other contractors*
 - c. *Wrong equipment or not fitting the work task*
 - d. *Breakdowns in equipment*

5 Sufficient space

- a) *No space for completing the activities*
 - a. *Not enough space*
 - b. *Space has to be shared with other contractors*
 - c. *Not suitable work surroundings*
 - i. *No stable base for assembling or driving*
- b) *Access to workplace*
 - a. *Work area was locked*
 - i. *No key*

6 Connecting works

- a) *Completions of connecting activities*
 - a. *Is caused by including «at risk» activities in the Weekly Work Plans*
 - i. *Previous activities was not completed according to plan*
 - b. *Rework in previous activities caused delay*
 - i. *Rework caused by insufficient quality of work*
 - ii. *Rework caused by damages to completed work*

7 Climate condition

- a) *Weather conditions*
 - a. *Temperature conditions not allowing certain work task to proceed*
 - b. *Moisture conditions in the building*
 - c. *Rain or weather condition forcing work task to stop*
 - i. *Drainage of the construction causing delay*
 - d. *Snow or frost hindering activities to start*
 - i. *Snow clearing causing delay*

8 Safe working condition

- a) *Safe working condition needs to be present*
 - a. *The national «Health and Safety at Work Act» is not obeyed*
 - i. *Problems with fencing*
 - b. *Work accidents forcing work to stop*

9 Known working conditions

- a) *Unkon working condition needs to be present*
 - a. *Unexpected discovery of asbestos or rot*
 - b. *Unexpected soil conditions*
 - b) *Drawings are incorrect or outdated*
 - a. *Unexpected condition of existing structure*
-

Vedlegg 4 – Digital tvilling

«En digital tvilling er en digital representasjon av bygget som skal inneholde nødvendig informasjon eller referere til informasjon som dekker alle behov gjennom byggets levetid» (Andreassen, 2019). Med det menes at en digital tvilling er mer enn bare en BIM. Ønsket er å koble sammen de forskjellige informasjonskildene slik at de gjøres tilgjengelig for de som trenger det, der de trenger det og når de trenger det. Dette gjelder spesielt i driftsfasen, men også i prosjekterings- og byggefasen, for eksempel ved å bestille materialer direkte fra modellen (BNL, 2017b).

Denne tilgangen på informasjon er på et annet nivå enn i dag, hvor FDV-dokumentasjon på enkelte bygg er fraværende og på andre bare kjent av et fåtalls personer (DiBK, 2015). Med en godt laget digital tvilling kan man føre individuell kunnskap til kollektiv erfaring. Det forenkler drift og vedlikehold gjennom hele byggets levetid for de som drifter bygget. En god database over alle objekter og produkter i et bygg gjør gjenbruk mulig. Det gir også takstmenn, meglere og kjøpere muligheten til å vite hele historien til bygget, der det i dag kan være usikkert hva som befinner seg bak vegger og tak (TU, 2018a).

Denne oppgaven fokuserer ikke på digital tvilling, og erfaringer gjort med det, men oppgaven referer til digital tvilling ved enkelte anledninger.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway