

Emilie Simonsen

Potensialet til digitale verktøy i entreprenørens verdikjede

Juni 2020

Potensialet til digitale verktøy i entreprenørens verdikjede

Emilie Simonsen

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2020

Hovedveileder: Olav Torp

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg - og miljøteknikk

FORORD

Masteroppgaven utgjør avsluttende arbeid av det fem år lange masterstudiet ved Institutt for Bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Oppgaven er skrevet med fordypning innen prosjektledelse hos Institutt for Bygg- og miljøteknikk og Fakultet for ingeniørvitenskap våren 2020, og teller 30 studiepoeng.

Det overordnede temaet for oppgaven er digitalisering i entreprenørens verdikjede. Det er gjort store fremskritt innen teknologi og det har vist seg at digitalisering og digitale verktøy har hatt en relativ stor påvirkning på byggenæringen.

I forbindelse med oppgaven ønsker jeg å takke veileder, Olav Torp, som har gitt meg gode faglige råd og tilbakemeldinger underveis. Jeg vil takke mine kontaktpersoner i de forskjellige bedriftene som har hjulpet meg med å finne aktuelle intervjuobjekter. Jeg vil også takke dem som har stilt til intervju for å være imøtekommende og interesserte i å bidra. Til slutt vil jeg takke de som har hjulpet og støttet meg underveis.

Trondheim, 10 juni 2020

Emilie Simonsen

SAMMENDRAG

Digitalisering er blitt et sentralt tema i byggebransjen og et satsingsområde hos flere selskaper for å kunne ta del i det digitale skiftet og oppnå økt produktivitet. Stadig vekk kommer det nye verktøy som påvirker byggebransjen på forskjellige måter. Digitale verktøy har muliggjort bransjen til å bli mer effektiv ved å endre arbeidsprosesser og enkelte verktøy er blitt såpass integrert at de regnes som en standard i bransjen.

Formålet med oppgaven er å identifisere hvordan digitalisering har påvirket verdikjeden til en entreprenør, samt kartlegge potensialet til digitale verktøy i verdikjeden. Oppgaven er skrevet fra entreprenørperspektivet med hovedtrekk fra totalentreprise. I tillegg vil resultatet av masteroppgaven utvikle et kart av forskjellige digitale verktøy som brukes i fasene i entreprenørens verdikjede. Dette har resultert i følgende problemstilling: *«Hva er potensialet til digitale verktøy i entreprenørens verdikjede?»*

Problemstillingen er blitt utforsket ved bruk av kvalitativ metode gjennom litteraturstudie, teoretisk søk og semistrukturerte dybdeintervjuer av ni intervjuobjekter med ulike roller hos tre entreprenørbedrifter. Informasjonen samlet fra intervjuene har blitt brukt som resultat for oppgaven og har bidratt til å besvare oppgavens forskningsspørsmål.

Resultatene viser at digitalisering og digitale verktøy er blitt godt implementert i entreprenørens verdikjede og har bidratt til endring, samt påvirket enkelte faktorer knyttet til et byggeprosjekt. Faktorene som har hatt en tydelig påvirkning er kostnad og tid, samhandling, kommunikasjon og forståelse, samt kvalitet og risiko. Innføringen av digitale verktøy har krevd en generell kompetanseheving med hensyn til teknologi, samt skapt nye roller internt i bedrifter som spesialiserer seg på enkelte digitale verktøy. Det er ikke kun internt i bedrifter det er opplevd en endring, det viser seg også at det utviklet eksterne bedrifter som spesialiserer seg på digitale verktøy. Verktøyene viser å generelt bidra til å forenkle og forbedre store deler av entreprenørens verdikjede.

Siden det digitale skiftet i byggebransjen er relativt ny oppleves det utfordringer med digitale verktøy som må løses best mulig for å muliggjøre det fulle potensialet av digitale verktøy, løsninger og prosesser.

ABSTRACT

Digitization has become a central theme in the construction industry and a focus area for several companies to be able to take part in the digital shift and achieve increased productivity. New digital tools are emerging and affecting the construction industry in different ways. Digital tools have enabled the industry to become more efficient by changing work processes and some tools have become so integrated that they are considered as a standard in the industry.

The purpose of the thesis is to identify how digitalization has affected a contractor's value chain, as well as identify the potential of digital tools in the value chain. The master's thesis is therefore written in regard to a contractor's perspective, with main features from a design and build contract. In addition, the result of the master's thesis will develop a map of various digital tools that are used in the different phases of the contractor's value chain. This has resulted in the following research question: *"What is the potential of digital tools in the contractor's value chain?"*

The research question has been explored through the use of qualitative method through a literature study, theoretical research and semi-structured in-depth interviews of nine interview objects with different roles at three contractor companies. The information gathered from the interviews has been used as a result of the thesis and has helped to answer three subset questions.

The results show that digitization and digital tools have been well implemented in a contractor's value chain and have contributed to change, as well as affected some factors related to a construction project. The factors that have had a clear impact are cost and time, interaction, communication and understanding, as well as quality and risk. The implementation of digital tools has required a general increase in competence in regard to technology, as well as has created new roles internally in companies that specialize in certain digital tools. There has not only been a change within a contractor company, but it also turns out that it has developed external companies that specialize in digital tools. The tools show that they generally help to simplify and improve large parts of the contractor's value chain.

Since the digital shift in the construction industry is relatively new, challenges are being faced with digital tools that must be solved as best as possible to enable the full potential of digital tools, solutions and processes.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD.....	I
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT.....	V
1. INTRODUKSJON.....	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Formål og forskningsspørsmål	3
1.3 Omfang og avgrensninger.....	3
1.4 Oppgavestruktur	4
2. METODE.....	5
2.1 Generelt.....	5
2.1.1 Kvantitativ og kvalitativ metode	5
2.1.2 Reliabilitet og validitet	6
2.1.3 Triangulering	6
2.2 Valg av metode.....	7
2.3 Litteraturstudie	8
2.3.1 Fremgangsmåte.....	8
2.3.2 Vurderingskriterier	9
2.3.3 Vurdering.....	9
2.4 Intervju.....	10
2.4.1 Valg av intervjuobjekter	10
2.4.2 Forberedelse.....	11
2.4.3 Gjennomføring	11
2.4.4 Etterarbeid og behandling av data fra intervju	11
2.4.5 Vurdering.....	12
3. TEORI.....	15
3.1 Byggebransjens produktivitet.....	15
3.2 Verdikjede i byggeprosjekter	17
3.2.1 Entreprenørens verdikjede	18
3.3 Samhandling	19
3.4 Digitalisering	20
3.4.1 Digitaliseringsstrategier.....	21
3.4.2 Digitaliseringens påvirkning.....	24
3.4.3 Digitale verktøy	27
3.4.4 Kartlegging av digitale verktøy	29
4. RESULTATER	31
4.1 Digitaliseringens påvirkning	31
4.1.1 Tid og kostnad	32
4.1.2 Samhandling, kommunikasjon og forståelse	32
4.1.3 Kvalitet og risiko	34
4.1.4 Nye roller og endringer bransjen	34
4.2 Digitale verktøy i entreprenørens verdikjede	35
4.2.1 Entreprenørens verdikjede	35
4.2.2 Kalkulasjon.....	36
4.2.3 Prosjektering.....	37
4.2.4 Produksjon	38
4.2.5 Kommunikasjon og samhandling	41
4.3 Muligheter for effektivisering av verdikjeden	42
4.3.1 Utfordringer	42
4.3.2 Digitaliseringens muligheter og potensial	43

5. DISKUSJON	47
5.1 <i>Digitaliserings påvirkning</i>	47
5.1.1 Tid og kostnad.....	47
5.1.2 Samhandling, kommunikasjon og forståelse.....	48
5.1.3 Risiko og kvalitet.....	49
5.1.4 Endringer i bedrifter.....	50
5.2 <i>Digitale verktøy i entreprenørens verdikjede</i>	51
5.2.1 Entreprenørens verdikjede.....	51
5.2.2 Kalkulasjon.....	52
5.2.3 Prosjektering.....	54
5.2.4 Produksjon.....	55
5.2.5 Digitale verktøy gjennom verdikjeden.....	56
5.3 <i>Muligheter for effektivisering av verdikjeden</i>	58
5.3.1 Utfordringer.....	58
5.3.2 Digitaliseringens muligheter og potensial.....	59
6. KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID	63
6.1 <i>Konklusjon</i>	63
6.2 <i>Videre arbeid</i>	65
REFERANSELISTE	67

FIGURLISTE

Figur 1: Reliabilitet og validitet (Sander, 2019).....	6
Figur 2: Produktivitet, (Todsens, 2018).....	15
Figur 3: Arbeidsproduktivitet i bygg og anleggsrelatert virksomhet (Todsens, 2018).....	16
Figur 4: Verdikjede og nettverk (Pryke, 2009).....	17
Figur 5: Vertikal og horisontal verdikjede i BAE-bransjen (Veiseth et al., 2004).....	18
Figur 6: Digitaliseringsstrategi (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2019).....	21
Figur 7: BNL digitale veikart (BNL, 2017).....	22
Figur 8: Fire stegene av industriell revolusjon (Alaloul et al., 2018).....	23
Figur 9: Oversikt av McKinsey (Blanco et al., 2017).....	26
Figur 10: Digitale teknologier brukt i en entreprenørs verdikjede (Alaloul et al., 2018).....	30
Figur 11: Oppbygning av entreprenørens verdikjede (utviklet av forfatter).....	35
Figur 12: Kart av digitale verktøy (utviklet av forfatter).....	57
Figur 13: Kart av digitale verktøy inkludert digitale muligheter (utviklet av forfatter).....	60

TABELLISTE

Tabell 1: Oppgavestruktur.....	4
Tabell 2: Eksempel på søkeord og antall treff.....	9
Tabell 3: Intervjuobjekter.....	10

1. INTRODUKSJON

Masteroppgavens formål og bakgrunn er presentert i dette kapittelet, samtidig som oppgavens struktur og avgrensninger gjøres rede for.

1.1 Bakgrunn

I 2018, under Samfunnskonferansen arrangert av Norconsult, sa Kimberly Lein-Mathisen, administrerende direktør i Microsoft Norge, at "Bygg- og anleggsbransjen er verst av alle bransjer i Norge, når det gjelder digitalisering og er dårligst på effektivitet" (Engeseth, 2018). Implementering av digitalisering kan derimot sies å være i endring ettersom byggesektoren opplever et digitalt skifte som tar del i en nyskapende industriell epoke (Alaloul et al., 2018). Digitalisering kan refereres til "en adopsjon eller økning i bruken av digital teknologi av en organisasjon, næring og lignende" (Brennen og Kreiss, 2016).

Som en følge av digitaliseringens implementering i bransjen er det blitt utviklet forskjellige strategier som skal bidra til å skape et mer digitalt samfunn. I 2019 utga Kommunal- og moderniseringsdepartementet en digitaliseringsstrategi som rettes mot den offentlige sektor og gjelder perioden 2019 til 2025. Fokuset for strategien er å understøtte utvikling av digital transformasjon i hver enkel virksomhet (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2019). Industri 4.0 kjennetegnes av digitalisering, automatisering og integrasjon og omhandler den fjerde industrielle revolusjonen innen industri, produksjon og verdikjeder (Geissbauer, Vedso og Schrauf, 2016; Dallasega, Rauch og Linder, 2018). De to overnevnte gjelder for flere virksomheter og er ikke kun fokusert på byggebransjen. Byggenæringens landsforening (BNL) har derimot utviklet et digitalt veikart som kun fokuserer på byggebransjen med følgende visjon: "En heldigitalisering av norsk BAE-næring innen 2025 skal sikre en konkurransedyktig, bærekraftig og seriøs næring" (BNL, 2017).

Implementering av digitalisering og innovasjon i byggenæringen har vært sakte voksende, men ifølge en rapport av World Economic Forum har det spilt en rolle på grunn av det store omfanget byggenæringen har i samfunnet. Det nevnes også dersom bruk av innovative teknologier og prosesser er vellykket vil det ha stor innvirkning på næringen (Renz og Solas, 2016). Digitale verktøy har hatt en fremgang i norsk byggenæring. Norske bedrifter kan betraktes å ha en ledende posisjon ved bruk av BIM (Bygningsinformasjonsmodellering) i prosjektsamarbeid (BNL, 2017), noe som har resultert i at verktøyet er blitt en standard på mange prosjekter (Brekkehus, 2018). BIM

blir ansett som grunnlaget for nye arbeidsprosesser som rettes mot digitale strategier (Kaufmann, Ruaux og Jacob, 2018), i tillegg til å være "nøkkelen som muliggjør og tilrettelegger for annen teknologi" (Renz og Solas, 2016). Noen eksempler på teknologier som har hatt en effekt av BIM er virtual reality (VR), augmented reality (AR), digital tvilling, kunstig intelligens og 3D skanning. Digitale verktøy har hatt en påvirkning på ulike faktorer i et byggeprosjekt og spesielt visst seg å ha en endring på samarbeidet mellom involverte aktører.

Et byggeprosjekt består av mange og forskjellige interessenter som tilhører ulike faser som bidrar med å bygge opp en kompleks verdikjede (Hørlyk, 2015). Verdikjeden til en entreprenør kan strekke seg fra startfasen til slutfasen, avhengig av type entrepriseform, og er dermed en essensiell del av et byggeprosjekt. For at et byggeprosjekt skal kunne være suksessfullt er det viktig at samhandlingen mellom aktører er bestemt fra tidlig fase, slik at de positive effektene ved samhandlingen gir en gevinst (Hjertholm *et al.*, 2019). Digitalisering og bruk av nye digitale verktøy påvirker alle fasene i verdikjede. Entreprenører vil merke at dette vil i tillegg ha en påvirkning på kostnader, tid, kommunikasjon, kvalitet og risiko (Oesterreich og Teuteberg, 2016).

Det overnevnte danner grunnlaget for masteroppgaven med det overordnede temaet digitalisering i byggebransjen. Dagens utvikling av teknologi skjer raskt og kontinuerlig og vil ha en påvirkning på byggebransjen.

1.2 Formål og forskningsspørsmål

Formålet med masteroppgaven er å identifisere hvordan digitalisering har påvirket verdikjeden til en entreprenør, samt kartlegge potensialet til digitale verktøy i verdikjeden. I tillegg vil resultatet av masteroppgaven utvikle et kart av forskjellige digitale verktøy som brukes i fasene i entreprenørens verdikjede. Dette har resultert i følgende problemstilling:

«Hva er potensialet til digitale verktøy i entreprenørens verdikjede?»

For å kunne bistå og besvare problemstillingen ble det utarbeidet tre forskningsspørsmål, som er presentert slik:

- 1. Hvordan har digitalisering endret og påvirket entreprenørens verdikjede?*
- 2. Hvilke digitale verktøy benyttes i de ulike fasene til en entreprenørs verdikjede?*
- 3. Hvilke digitale muligheter kan bidra til å effektivisere verdikjeden?*

1.3 Omfang og avgrensninger

Masteroppgaven er gjennomført i løpet av 20 uker, våren 2020 ved NTNU og teller 30 studiepoeng. Det er rimelig å anta dersom tidsrammen for oppgaven var lengre, ville oppgavens funn være mer gyldig og representativ. Denne tidsrammen har bidratt til å måtte ta følgende avgrensninger for oppgaven. Oppgaven søker å belyse relevante erfaringer fra næringen og siden temaet digitalisering og verdikjede er relativt bred, har det vært nødvendig å avgrense temaet. Det ble avgrenset til å kunne se på entreprenøren sin verdikjede og deres bruk av digitale verktøy i de ulike fasene av et prosjekt. Antall intervjuobjekter ble begrenset til ni da ikke alle kunne stille til intervju på grunn av Covid-19.

1.4 Oppgavestruktur

Rapporten følger en vanlig overordnet struktur anbefalt fra NTNU (NTNU, 2013). Den er delt opp i kapitler, som videre er inndelt i delkapitler. Tabell 1 viser strukturen til oppgaven.

Tabell 1: Oppgavestruktur

Kapittel	Beskrivelse
<i>Introduksjon</i>	Kapittel 1 presenterer oppgavens bakgrunn og formål i form av problemstillingen og tilhørende forskningsspørsmål.
<i>Metode</i>	Kapittel 2 presenterer en teoretisk beskrivelse av metode for oppgaven, samt fremgangsmåten for å besvare oppgavens formål. Metodene som er brukt er litteraturstudie og dybdeintervju.
<i>Teori</i>	Kapittel 3 legger frem relevant teori rundt temaet digitalisering i bygg- og anleggsbransjen og ser nærmere på ulike digitale verktøy.
<i>Resultat</i>	Kapittel 4 presenterer funnene fra dybdeintervjuene.
<i>Diskusjon</i>	Kapittel 5 diskuterer funnene fra den empiriske dataen opp mot den eksisterende forskningen, samlet i kapittel 3. Diskusjonen inneholder også personlige meninger og erfaringer fra forfatteren.
<i>Konklusjon og videre arbeid</i>	Kapittel 6 konkluderer oppgaven med å besvare problemstillingen og de tilhørende forskningsspørsmålene, samt en uttalelse for videre arbeid rundt temaet.

Kapittel 2. Metode, 3.1 Byggebransjens produktivitet, 3.2 Verdikjede i byggeprosjekter, 3.2.1 Entreprenørens verdikjede og 3.4.1 Digitaliseringsstrategier er hentet fra forfatterens prosjektoppgave "Effektivisere verdikjeden til entreprenør gjennom digitalisering" som ble skrevet høsten 2019.

2. METODE

Dette kapittelet beskriver utredningen for masteroppgavens forskningstilnærming, datainnsamling og analyse. Samtidig presenteres det en diskusjon som kartlegger fordelene og begrensningene til tilnærmingen.

2.1 Generelt

Metode er en måte å gå fram på for å samle inn teori og empiri. Det kan også bli sett på som et hjelpemiddel til å gi en beskrivelse av den såkalte virkeligheten eller empirien (Jacobsen, 2000). Dette kapittelet beskriver hvilke metoder som er brukt for å kartlegge virkeligheten, samt hvordan teorien er behandlet og analysert. Problemstillingen vil ha en påvirkning på type metode som benyttes da ikke all metode egner seg til alle problemstillinger (Jacobsen, 2000). Innledningsvis blir ulike tilnærminger og metoder forklart, før valg av metode for prosjektoppgaven presenteres. I delkapitlene av de forskjellige metodene blir fremgangsmåten presentert og avsluttes med en vurdering av valgte metode.

2.1.1 Kvantitativ og kvalitativ metode

Kvantitativ metode benyttes der det er hensiktsmessig å identifisere målbare variabler. Metoden har fordel at den gir data i form av målbare enheter (Dalland, 2012). Kvantitativ metode er fordelaktig da en kan undersøke mange enheter med få ressurser. Data kan eksempelvis samles inn ved bruk av spørreundersøkelser hvor data kan behandles raskt, struktureres og visualiseres enkelt. En potensiell utfordring med denne metoden, versus en kvalitativ fremgangsmåte, er at det er undersøkeren som definerer variabler med deres gitte begrensninger. Utfordringen ved dette er at det kan være utfordrende å dybdeanalysere og belyse deltakerens individuelle mening.

Kvalitativ metode sikter på å fange opp mening og opplevelse som ikke nødvendigvis lar seg tallfeste eller måle. Intervjuer, observasjoner og litteraturstudier er typisk for kvalitativ metode. Metoden kjennetegnes ved å gå i dybde, ustrukturerte observasjoner, erkjennelse av påvirkning og delaktighet og at fenomenet blir sett fra innsiden (Dalland, 2012). Kvalitativ metode, i form av intervjuer, er fordelaktig ved at det er mulighet for oppfølgingsspørsmål som kan resultere i en bredere analyse av situasjonen. I tillegg har intervjuobjektet mulighet til å utdype sine meninger rundt temaet. Dette kan dog være validitetsutfordrende da subjektiviteten til intervjuobjektet kan påvirke resultatets nøytralitet.

2.1.2 Reliabilitet og validitet

Konseptene reliabilitet og validitet er med å sikre en oppgaves kvalitet, figur 1 viser sammenhengen mellom konseptene.



Figur 1: Reliabilitet og validitet (Sander, 2019)

Det er viktig at begge disse punktene blir vurdert for å kunne avgjøre om det er mulig å stole på resultatene som blir presentert. Reliabilitet ser hvorvidt informasjonen er pålitelig. Ofte relateres dette til datainnsamlingens nøyaktighet, hvilke data som er brukt, måten dataen er samlet inn på og til slutt hvordan den er behandlet. Reliabiliteten kan styrkes gjennom åpenhet i løpet av forskningsprosessen (Johannessen, Kristoffersen og Tufte, 2011). Grunnlaget for validitet er relevans og gyldighet og referer til hvor nøyaktig en metode måler det den har i hensikt å måle. Dersom forskning har høy validitet vil resultatene samsvare med reelle egenskaper, karakteristikker og variasjoner i den fysiske eller sosiale verden (Middleton, 2019).

2.1.3 Triangulering

I samfunnsvitenskapen brukes triangulering til å referere til observasjoner ved bruk av minst to ulike metoder (Yupp, 2006). Triangulering blir sett på som en forskningsstrategi for å teste gyldighet gjennom sammenligningen av funn fra forskjellige kilder (Jacobsen, 2000; Carter *et al.*, 2014). Ved å teste gyldigheten bidrar det til å styrke informasjonens troverdighet. Metoder som spørreundersøkelser, casestudier, litteraturstudier, intervjuer og observasjoner er ofte kombinert for triangulering.

2.2 Valg av metode

Ifølge Jacobsen (2000), når metode skal velges, er det viktig å velge den metoden som passer best til den bestemte problemstillingen og tilhørende forskningsspørsmål. En kvalitativ metode gir innblikk i menneskets erfaringer ved å samhandle med informanter og tolkning av informasjon (Johannessen, Kristoffersen og Tuft, 2011). Problemstillingen og forskningsspørsmålene er utformet på den måte at det er ønskelig å fange opp meninger og erfaringer til aktører i byggebransjen og derfor er det mest gunstig å bruke kvalitativ metode for masteroppgaven.

Det empiriske datagrunnlaget for oppgaven vil basere seg på dybdeintervjuer med personer som har ulike roller hos tre forskjellige entreprenørbedrifter. Det kan antas at det hadde vært mulig å samle nok empiri fra en bedrift, men å få mer dybde i dataen ble det derfor valgt å intervjuere personer fra tre bedrifter. Siden oppgavens problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål baserer seg på verdikjeden til en entreprenør er det valgt å kun intervjuere personer hos entreprenør bedrifter. Bedriftene som er blitt intervjuet jobber som regel med totalentrepriser, så oppgaven fokuserer på verdikjeden til en totalentreprenør. I oppgaven fremstilles totalentreprenør som entreprenør.

Denne metoden er valgt siden det er få enheter som skal undersøkes og hver enkeltes mening er viktig for oppgaven (Jacobsen, 2000). For å vurdere informasjonen som er samlet inn fra forskjellige intervjuobjekter er det blitt utført en litteraturstudie. Det eksisterer mye vitenskapelig litteratur som omhandler digitalisering i byggebransjen og hvordan det har påvirket bransjen, samt bruken av ulike digitale verktøy i et byggeprosjekt. Ved å bruke disse to metodene er det mulig å triangulere oppgaven, som potensielt styrker oppgavens reliabilitet og validitet.

De to valgte metodene vil være med på å besvare forskningsspørsmålenes på følgende måte. Intervju danner hovedgrunnlaget for besvarelsen. Intervjuobjektene jobber innenfor entreprenørens verdikjede og har oppdatert bransjeerfaring, som er spesielt gjeldende for spørsmål tre som er mer fremtidsrettet versus spørsmål en og to. Litteraturstudiet vil også bidra som et grunnlag for besvarelse, hovedsakelig av spørsmål en og to, som henholdsvis dreier seg mot dagens og historisk situasjon.

2.3 Litteraturstudie

Litteraturstudie er en omfattende studie og tolkning av litteratur som tar opp et spesifikt tema (Aveyard, 2014), og brukes som en systematisk metode for å utføre strukturerte søk blant publisert litteratur for det bestemte temaet (Grewal, Kataria og Dhawan, 2016). Ved bruk av en litteraturstudie er det mulig å identifisere og evaluere tilgjengelig forskning som er relatert til problemstillingen. Hensikten med litteraturstudie kan være å undersøke nye forskningsområder, bygge opp forståelsen rundt et tema eller kartlegge eventuelle hull i tidligere forskning og er derfor brukt for å samle informasjon som danner grunnlaget for oppgavens teori.

2.3.1 Fremgangsmåte

Et litteratursøk er tidkrevende siden det finnes mye litteratur og er derfor viktig å være kritisk til kildene som finnes. For å unngå litteratur som ikke er relevant til oppgaven var det viktig å jobbe systematisk gjennom en prekvalifisering av litteraturen, inspirert av Jardar Lohne, forsker ved NTNU, i følgende rekkefølge:

1. Relevant tittel
2. Relevante nøkkelord
3. Relevant introduksjon eller utdrag
4. Lese og vurdere konklusjon
5. Lese og vurdere litteratureten

Ved å følge denne rekkefølgen viste det seg å være lettere å forkaste litteratur som ikke var relevant til oppgaven. Det er også viktig å understreke at noe litteratur kan ha blitt forkastet til tross for at de kunne vært relevante på grunn av den rangerte orden.

For å gjennomføre en relevant litteraturstudie ble det brukt forskjellige søkemotorer; Oria, Google Scholar, Scopus og Science Direct, for å finne aktuell litteratur for oppgaven. Før bruk av søkemotorene ble det samlet ulike søkeord som var relevante for temaet, problemstillingen og forskningsspørsmålene. En del av søkene er like, men forskjellige ved bruk av en «bisetning».

Tabell 2 viser tre av søkefrasene som ble brukt og de tilhørende treffene på de forskjellige søkemotorene. Det ble valgt å utføre søket på engelsk for å få et bredere utvalg av kilder. For å gjøre søket så effektivt som mulig ble søkene filtrert både etter dato og at søkeordene måtte være en del av tittel, nøkkelord og/eller sammendraget.

Tabell 2: Eksempel på søkeord og antall treff

Søkefrase	Filter	Oria	Google Scholar	Scopus	Science Direct
“Digital tools” AND “AEC industry”	Uten filter	76	590	31	22
	2009-2020	55	527	30	22
	Tittel/nøkkelord/abstrakt	-	-	7	-
“Digital tools” AND “construction industry”	Uten filter	622	2050	70	69
	2009-2019	591	1850	66	67
	Tittel/nøkkelord/abstrakt	-	-	19	21
Digitization AND “construction industry”	Uten filter	1498	1340	415	39
	2009-2019	1423	1140	394	33
	Tittel/nøkkelord/abstrakt	22	-	59	12

2.3.2 Vurderingskriterier

For å vurdere hver enkelt kilde er TONE-prinsippet benyttet. Denne metoden baserer seg på følgende kriterier: troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet. Troverdighet tar for seg hvem som har utført arbeidet og hvor litteraturen er publisert. Objektivitet tar hensyn til hvordan dataen er presentert og om kilden er nøytral ved at den har et forskningsperspektiv. Forfatterens egeninteresser og/eller bias vil også ha innvirkning på forskningens objektivitet. Nøyaktighet utforskes ved å se på kildene som er blitt brukt og i tillegg hvordan forskningsmetodikken er blitt utført. Egnethet handler om hvor godt litteraturen er egnet til masteroppgaven (NTNU, 2017). Litteraturen måtte oppfylle TONE-prinsippet for å kunne brukes som relevant teori for oppgaven.

2.3.3 Vurdering

Kildene evaluert i litteraturstudiet er for det meste hentet fra andre steder enn Norge, siden det ikke ble funnet så mye norsk forskning rundt temaet. Det å ha forskning fra andre steder enn Norge kan vurderes som en styrke og svakhet. En styrke med tanke på annen type teknologi som er forsket på, men en svakhet ved at oppbyggingen av et prosjekt og entreprenørens verdikjede kan avvike fra hvordan det er i Norge. Litteraturstudiet kan bidra til flere perspektiver rundt temaet som forfatteren ikke nødvendigvis hadde tenkt på selv, og kan dermed avdekke ulike ideer om temaet. Kildene omfatter byggenæringen i sin helhet og ikke nødvendigvis direkte på bygg- og anleggsprosjekt. For videre arbeid vil det være aktuelt å finne litteratur knyttet opp mot bygg- og anleggsprosjekt.

2.4 Intervju

Intervjuer er en fleksibel metode som muliggjør innhenting av verdifull og detaljert informasjon (Johannessen, Kristoffersen og Tufte, 2011). Johannessen et al. (2011) forklarer videre at gjennomføring av intervju tillater at menneskelige handlinger og opplevelser fremstår bedre når informanter selv kan formidle deres tanker om det aktuelle temaet. Tatt dette i betraktning, virket kvalitative intervjuer passende som hovedkilde til datainnsamlingen for oppgaven. Dybdeintervjuer med ansatte fra forskjellige bedrifter ble gjennomført for å skape en bredere forståelse av digitaliseringens i byggebransjen, samt påvirkningen den har på entreprenørens verdikjede.

2.4.1 Valg av intervjuobjekter

For å dekke omfanget av problemstillingen ble ansatte med forskjellige roller og erfaring fra tre entreprenørfirmaer intervjuet. Denne variasjonen gir muligheten å forstå hvordan digitalisering påvirker de tre hovedfasene av entreprenørens verdikjede, samt høre erfaringene til ansatte som jobber direkte med digitalisering. To av bedriftene profilerer seg på nasjonalt nivå, mens den siste er en lokal entreprenør der deres hovedområdet er i anleggsvirksomheten. Ved å intervju personer fra forskjellige bedrifter av ulik størrelse vil det bidra til å skape en bredere forståelse av hvordan digitalisering er blitt innført hos ulike aktører i bransjen. Tabell 3 viser intervjuobjektene og deres tilhørende rolle og bedrift, samt datoen for gjennomføringen av intervjuene. I forkant av valg av intervjuobjekter ble informasjon om oppgaven sendt ut til kontaktpersoner ved bedriftene. Ved hjelp av kontakter internt hos bedriftene ble kontaktinformasjonen til relevante intervjuobjekter sendt til forfatteren som videre tok videre kontakt med de aktuelle. I oppgaven vil intervjuobjektene bli omtalt som respondent og informant.

Tabell 3: Intervjuobjekter

Stilling	Bedrift	Dato
Kalkulator	Veidekke Entreprenør AS	27.03.2020
Prosjekteringsleder	Veidekke Entreprenør AS	26.03.2020
Anleggsleder	Veidekke Entreprenør AS	25.03.2020
Direktør for digitalisering	Veidekke Eiendom AS	15.04.2020
Kalkulator	Backe Trondheim AS	26.03.2020
Prosjekteringsleder	Backe Trondheim AS	02.04.2020
Anleggsleder	Backe Trondheim AS	03.04.2020
Kategorisjef BIM	Backe Entreprenør AS	02.04.2020
HMS leder	Mardahl Maskin AS	01.04.2020

I utgangspunktet var det planlagt 12 intervjuer, men på grunn av dagens situasjon, Covid-19, lot det ikke seg å gjøre da aktuelle intervjuobjekter ikke hadde mulighet til å stille til intervju.

2.4.2 Forberedelse

For å oppnå et vellykket resultat fra intervjuene er det viktig å ha, i forkant, en tydelig hensikt med intervjuet (Kvale, 2011). Gjennom intervjuene er det planlagt å samle inn empirisk erfaringer fra de ulike intervjuobjektene. Intervjuer kan ofte akkumulere store mengder empirisk data, noe som kan gjøre analysen og tolkningen kompleks og til tider utfordrende. For å unngå dette og utføre intervjuene på mest mulig effektiv måte ble det utarbeidet en intervjuguide som retter seg direkte opp mot problemstillingen, se vedlegg 1. Intervjuguiden er delt inn i tre deler, der hver del kobles direkte opp mot forskningsspørsmålene, dette ble gjort for å få god disposisjon over resultatet slik at det følger forskningsspørsmålenes rekkefølge. Samme intervjuguide er blitt brukt for å få ulike perspektiver og erfaringer rundt temaene av oppgaven. Alle intervjuene ble forberedt å utføres som semi-strukturerte for å kunne tillate intervjuobjektene til å utdype temaene der de følte det var nødvendig, samtidig som intervjueren har større mulighet for å utforske spesielle temaer eller svar. Før intervjuene ble guiden distribuert til intervjuobjektene slik at de kunne forberede seg og gi et mer utfyllende svar.

2.4.3 Gjennomføring

I utgangspunktet skulle gjennomføringen av intervjuene bli gjort ansikt til ansikt, men på grunn av Covid-19 var ikke dette mulig. Dermed ble det tatt i bruk videosamtaler gjennom Microsoft Teams og Skype. Intervjuene startet med en kort presentasjon av bakgrunnen og formålet til masteroppgaven. Deretter presenterte intervjuobjektene seg selv og deres rolle i bedriften for å kort kaste lys over deres relevans for oppgaven. Til slutt fikk intervjuobjektene mulighet til å gi et siste innspill over temaer som ikke ble tatt opp. Intervjuene ble gjennomført på mellom 45-60 minutter. For å bearbeide intervjuene ble de tatt opp ved bruk av taleopptak på mobilen, samtidig som intervjueren noterte underveis.

2.4.4 Etterarbeid og behandling av data fra intervju

I etterkant av intervjuene ble det gjennomført kontroll av lydfil for å så transkribere intervjuene, ved å gjøre om lydopptaket til tekst (Tjora, 2010). Dette gjør det lettere å finne raskt tilbake til viktig informasjon som blir sagt i løpet av intervjuet når analysen skal gjennomføres. Transkribering av intervjuene resulterte i store mengder informasjon som var nødvendig å strukturere og behandle relevant informasjon for oppgaven.

For å behandle dataen ble det utviklet relevante kategorier i henhold til forskningsspørsmålene, samt identifisert aktuell data relatert til kategoriene. For å videre strukturere kategoriene ble det notert ned gjentakende ord fra intervjuene som var relevant for forskningsspørsmålene. Disse ordene dannet grunnlaget for delkapitlene i hovedkapitlene.

2.4.5 Vurdering

Intervju som metode har vært nødvendig for å utforske problemstillingen og få relevant kvalitativ informasjon fra entreprenører. Fordelen å gjennomføre intervjuene semi-strukturert er at intervjuobjektene har mulighet til å belyse temaer som de mente var relevant til oppgaven, men som ikke ble belyst i intervjuguiden. Siden intervjuguiden ble sendt ut i forkant ga det mulighet for intervjuobjektene til å komme forberedt, noe som ga en innvirkning på resultatet. En fordel med å intervju personer fra forskjellige bedrifter, samt ulike roller, er at erfaringene er forskjellige slik at man får et bredere perspektiv på tematikken.

Underveis i intervjuene, og basert på tidligere gjennomførte intervjuer, er det gjort en vurdering av intervjuguiden. Denne vurderingen har resultert i tilpasninger av utydelige spørsmål og enkelte spørsmål er blitt fjernet siden de er besvart av et annet spørsmål. Selv om semi-strukturerte intervjuer kan belyse andre relevante temaer kan det også føre til samtaler som mister grepet til temaene og resultere i samtaler som ikke har noe betydning til oppgaven. Når dette skjer bruker man unødvendig tid for å finne tilbake til den relevante informasjonen når det transkriberes. En annen svakhet ved intervju er at transkriberingen er tidkrevende, og viser seg å ta lengre tid å fullføre enn selve gjennomføringen av intervjuet.

Et generelt nedtrekk ved gjennomføringen av intervjuene var at de ble utført med videosamtaler, der til tider lyden fra intervjuobjektene ikke var like klar som ønsket, slik at i visse deler av intervjuene ble det uklart hva som ble sagt. Dersom intervjuene hadde mulighet til å gjennomføres ansikt-til-ansikt hadde ikke dette vært et problem. Dette løste seg dermed ved å oppklare det med intervjuobjektene i etterkant.

Antall intervjuer er noe som må vurderes siden det kan begrense validiteten til resultatene. Ifølge Kvale (2015), når kvalitative intervjuer brukes som hovedkilde til data innsamling bør det som regel gjennomføres mellom ti til tolv intervjuer. Som tidligere nevnt var det planlagt å intervju tolv

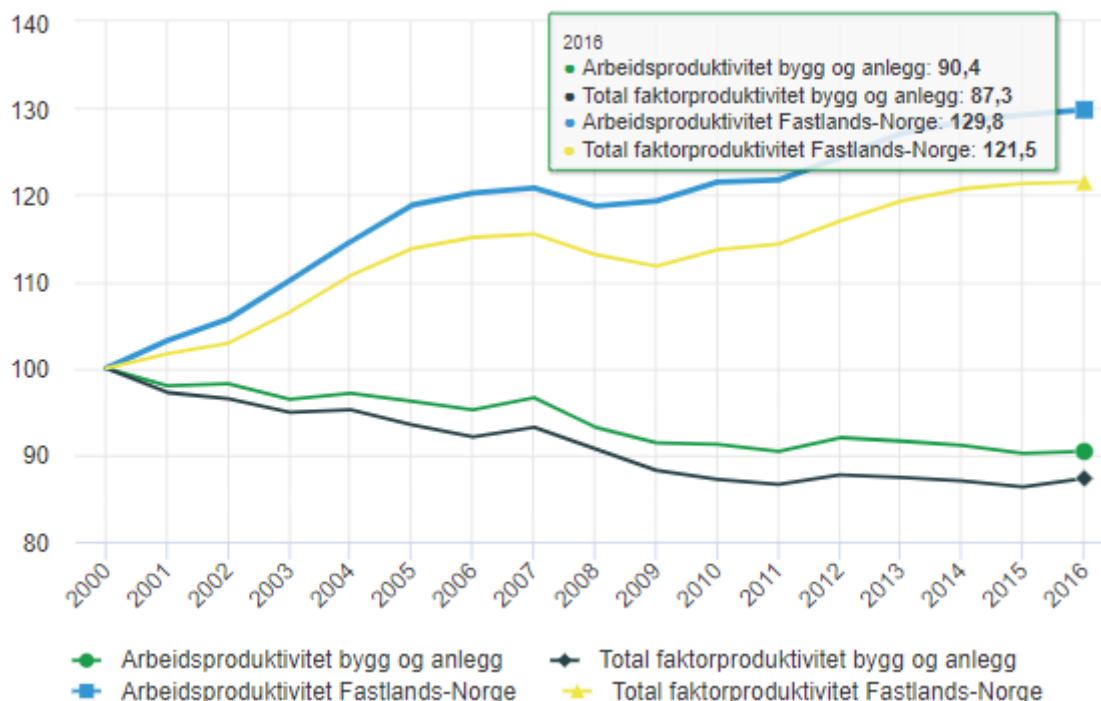
personer, men dette ble uheldigvis ikke mulig da aktuelle personer ikke hadde tid til å prioritere et intervju på grunn av Covid-19.

3. TEORI

I dette kapitlet vil teori relevant til oppgavens formål presenteres. Strukturen på teorien går fra å være generelt om temaet til å bli mer rettet mot problemstilling. Første del presenterer produktiviteten til byggebransjen og hvordan teknologi kan ha en innvirkning på den. Del 3.2 beskriver verdikjedens oppbygging i et byggeprosjekt, samt hvordan verdikjeden er hos en entreprenør. Del 3.3 presenterer hvordan samhandling påvirker et prosjekt og hvordan den påvirkes av digitalisering. Del 3.4 presenterer hvordan digitalisering har påvirket bransjen, samt hvilke digitale verktøy som kan innføres hos entreprenøren.

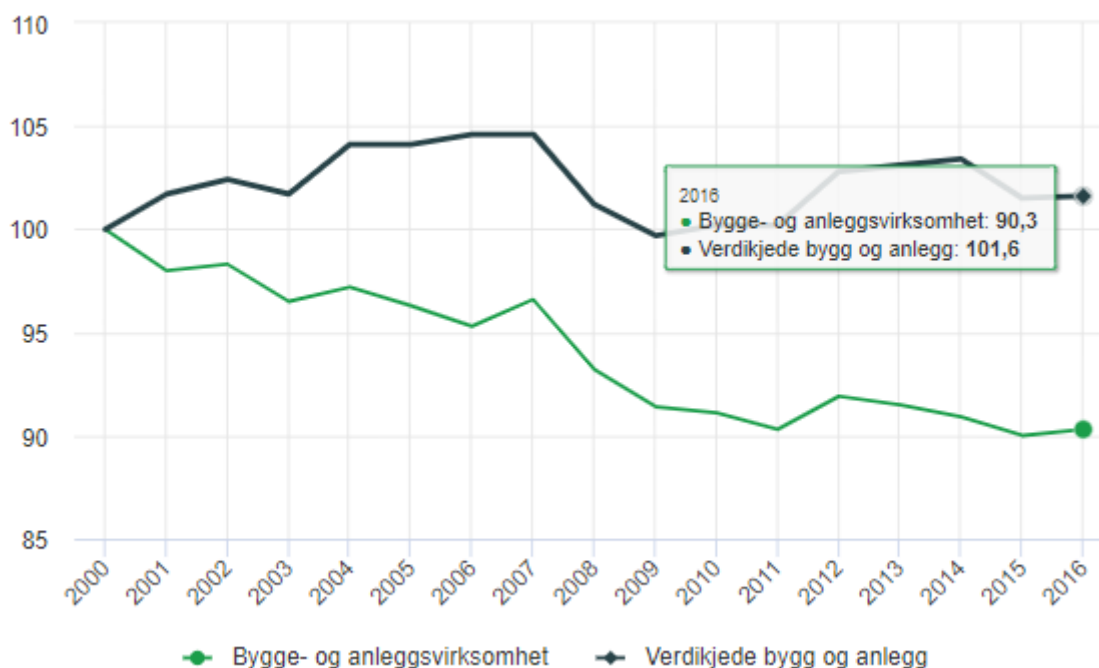
3.1 Byggebransjens produktivitet

I flere publikasjoner blir det hevdet at produktiviteten i byggebransjen er lav og i sammenligning med andre virksomheter har den en svak utvikling (Veiseth *et al.*, 2004). I følge tall fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) har produktiviteten falt med 10 prosent for bygg- og anleggsvirksomheten, mens produktiviteten i privat sektor i Fastlands-Norge har økt med 30 prosent (Todsens, 2018). Figur 2 viser hvordan arbeidsproduktiviteten har endret seg fra år 2000 til 2016.



Figur 2: Produktivitet, (Todsens, 2018)

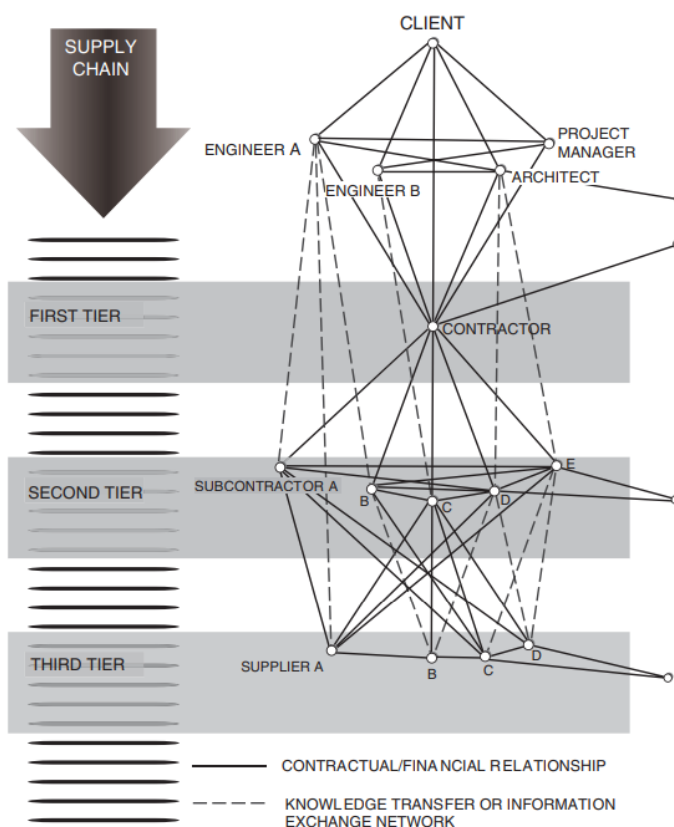
Tallene fra SSB har skapt diskusjon rundt produktiviteten. Kari Sandberg, administrerende direktør hos Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg (EBA), har sagt at det er flere i næringen som har undret over at statistikken peker mot lav produktivitet og nevner at det er flere som ikke kjenner seg igjen i det (Byggeindustrien, 2017). Ifølge Ahmad et al. (2020), viser det seg at statistikken for byggsektorens produktivitet er basert på følgende definisjon «konstruksjonsarbeid som bare omhandler den fysiske monteringen av konstruksjonskomponenter på byggeplassen». Definisjonen er smal og neglisjerer flere aktiviteter som bidrar til produktivitet i byggesektoren. Sammen med en ekspert gruppe bestående av tre representanter fra Statistisk sentralbyrå, en representant fra EBA og en akademisk forskningsgruppe på seks forskere fra SINTEF og NTNU ble det etablert en utvidet liste av aktiviteter som inngår i bygg- og anleggsvirksomheten. Det ble utvidet med følgende: byggevareindustri, handel med byggevarer, arkitekter og tekniske konsulenter, samt utleie av maskiner og arbeidskraft. Med den utvidet klassifiseringen av byggesektoren viser det seg produktiviteten i byggesektoren ikke er synkende, men faktisk har hatt en økning i perioden fra 2000-2016, se figur 3 (Ahmad *et al.*, 2020). For å fortsette i denne retningen er det viktig at byggebransjen holder tritt med den teknologiske utviklingen, som har som mål å øke produktiviteten, samt effektivisere prosesser.



Figur 3: Arbeidsproduktivitet i bygg og anleggsrelatert virksomhet (Todsens, 2018)

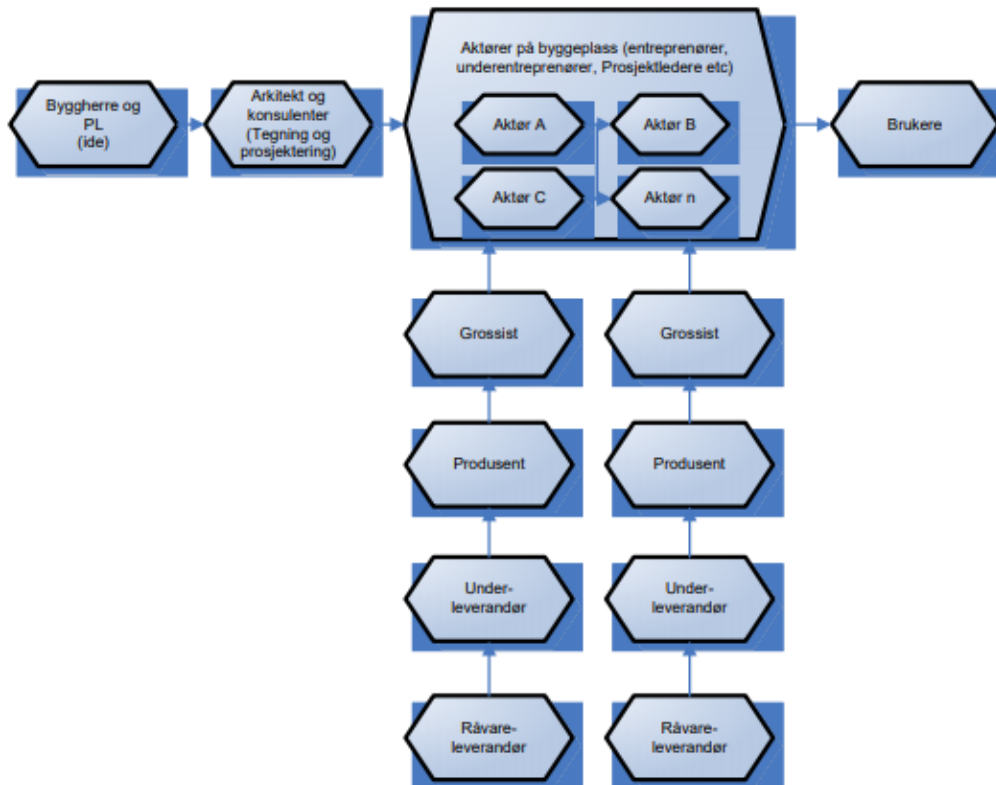
3.2 Verdikjede i byggeprosjekter

Oppbyggingen av et byggeprosjekt utvikler seg rundt mange forskjellige aktører, med viktige roller, som bidrar til å forme sluttproduktet av et byggeprosjekt. Verdikjeden er bred og omfatter mye. Den kan defineres som "et nettverk av organisasjoner som er involvert, gjennom koblinger oppstrøms og nedstrøms, i forskjellige prosesser og aktiviteter som produserer verdi i form av produkter og tjenester i hendene til den endelige kunden" (Christopher, 2011). En prosjektorganisasjon består av de generiske rollene; prosjekteier, brukere, prosjektledelse, prosjekterende, prosjekteringsledelse, entreprenører og leverandører (Eikeland, 1998). Disse er plassert i ulike faser av et byggeprosjekt, og er bundet sammen av koblinger i form av kunnskapsoverføring, informasjonsutveksling, retninger, samt finansiell- og kontraktsforhold (Pryke, 2009). Figur 4 viser et eksempel på koblingene mellom aktørene. Aktørene og deres koblinger med hverandre er viktige deler som bygger opp verdikjeden til byggeprosjektet. Verdikjeden bygges av nettverk av både interne og eksterne aktører som hjelper å utfylle hverandre (New og Westbrook, 2004). Med et bredt nettverk er det mulig for en verdikjede å fokusere på effektive måter for å skape verdi for sine kunder (Pryke, 2009).



Figur 4: Verdikjede og nettverk (Pryke, 2009)

Verdikjeden av et byggeprosjekt kan bli sett på fra et horisontalt og vertikalt perspektiv som er koblet sammen. I følge Veiseth (2004) omfatter den horisontale verdikjeden aktørene som opptrer i de ulike fasene i et byggeprosjekt; idefase, utviklingsfase, byggefase og driftsfase. Den vertikale verdikjeden består av material- og informasjonsstrøm inn til, og ut fra, aktørene på byggeplassen. Hovedmålet er å optimalisere flyt av varer og informasjon så godt som mulig. Figur 5 viser hvordan en vertikal og horisontal verdikjede er koblet sammen.



Figur 5: Vertikal og horisontal verdikjede i BAE-bransjen (Veiseth et al., 2004)

Som regel blir den vertikale verdikjeden koblet opp mot den horisontale verdikjeden i byggefase og har i hovedgrunn fokus på samarbeid med aktørene som er til stede (Vrijhoef og Koskela, 2000).

3.2.1 Entreprenørens verdikjede

Entreprenørens sin rolle i verdikjeden vil variere i forhold til hvilken kontraktstrategi som er valgt av byggherre, dette valget vil være avhengig av type byggeprosjekt. I følge Lædre (2012) er det to ytterpunkter for kontraktstrategier – integrasjonsbasert og separasjonsbasert. I en integrasjonsbasert kontraktstrategi betaler byggherren andre for å styre og utføre prosjektet, mens i en separasjonsbasert strategi beholder byggherren ansvar og styring ved å utføre arbeid selv. Valget

mellom strategiene bestemmer involveringsgraden til en entreprenør. For å avgjøre hvilken type kontraktstrategi som blir brukt for et prosjekt, vurderes åtte forskjellige punkter: prekvalifisering, tildelingskriterier, kontraheringsform, ytelsesbeskrivelser, entreprisform, kontraktstype, insentiver og kontraktsbestemmelser (Lædre, 2012).

Omfanget av involveringen til entreprenøren er avhengig av entreprisformen, eventuelt kontraktsmodellen. I en totalentreprise blir totalentreprenøren tidligere involvert, sammenlignet med andre entreprisformer, siden de blir tildelt ansvaret for både prosjekteringsarbeid og arbeid i produksjonsfasen. Totalentreprise representerer integrasjon og er en av ytterpunktene av entreprisformene. Det motsatte ytterpunkt, separasjon, er delte entrepriser. I denne entreprisformen har entreprenøren i mindre grad ansvar og dermed reduseres dens risiko. En entreprenør blir senere kontrahert ettersom byggherren er selv ansvarlig for prosjekteringen (Lædre, 2012). I en totalentreprise har entreprenøren ansvar for mange forskjellige aktører, noe som gjør at verdikjeden blir til en viss grad styrt på tvers av de forskjellige fasene av et byggeprosjekt. En viktig del av dette er å kunne opprettholde samarbeidet mellom aktørene gjennom verktøy brukt i verdikjeden (King og Pitt, 2009).

3.3 Samhandling

Samhandling er et samspill som oppstår når to eller flere aktører skal handle, gjøre eller skape noe sammen (Hjertholm *et al.*, 2019) gjennom samarbeid og kommunikasjon. Aktørene i et prosjekt må kunne være i stand til å ordne effektive prosesser og utvikle relasjoner som er hensiktsmessige for å kunne oppnå et prosjekts mål (Klakegg *et al.*, 2018). I byggebransjen er god samhandling en viktig del for å oppnå suksess i prosjekter. Hjertholm *et al.* (2019) nevner at dårlig samhandling kan beregnes som forklaringen på repetitive problemer som er uklare, uforutsigbare, samt består av konflikter, dårlige løsninger, feil og unødvendig tidsbruk. Ved å skape en verdibasert samhandling mellom aktører vil det resultere i mer effektiv prosjektgjennomføring, mer robuste planer, færre uforutsetninger, færre feil og bedre løsninger (Hjertholm *et al.*, 2019).

Et byggeprosjekt kjennetegnes av en prosjektorganisasjon som består av forskjellige aktører som har til sammen et felles mål å fullføre prosjektet, og, ifølge Eikeland (1998), kan det dermed omtales som et midlertidig system. Videre forteller Eikeland at dette kan resultere i en påvirkning på samhandlingen mellom aktører siden enkelte søker etter å prioritere egne interesser enn prosjektets helhet. Fra tidlig fase er det essensielt å samarbeide og opprette en felles forståelse av andres interesser og koble de opp mot det overordnede målet til prosjektorganisasjonen.

I byggeprosjekter er det vanskelig å unngå å bli preget av en viss grad usikkerhet. For at et prosjekt skal utføres kostnadseffektivt med en god fremdrift må usikkerheten og uforutsette hendelser håndteres tidlig og generelt underveis i prosjektet (Tiltnes, 2019). Tiltnes (2019) forklarer videre at dette skal være mulig er det nødvendig å ha god og tydelig kommunikasjon mellom de involverte aktørene. Hvordan aktører kommuniserer med hverandre i dag er annerledes enn hvordan det ble gjort før. Digitale verktøy har åpnet muligheten for å kommunisere ved bruk av flere kommunikasjonskanaler. Verktøy som innebærer integrert mobilteknologi tillater aktører til å kommunisere med hverandre i sanntid gjennom dokumenter, prosjektdata, tegninger og modeller (Krogh-Martinsen, 2017). Ved å kommunisere i sanntid er det lettere å samhandle ved at endringer i, for eksempel, en modell kan evalueres raskere og unngå faren for å bygge feil (Jensen, 2017).

3.4 Digitalisering

Digitalisering dreier seg om mye forskjellige, det handler om virksomheter som møter på samlede systemer i alle ledd av verdikjeden og i tillegg hvordan det er å arbeide med verktøy og prosesser som baseres på informasjons- og kommunikasjonsteknologi (Schober, 2016). Ordet digitalisering kan betraktes som det mest brukte i norsk byggenæring i 2019 og har vært et sentralt tema på konferanser, messer og diverse møteplasser (Brekkehus, 2019). Det er blitt identifisert som en av de store trendene som har endret samfunn og virksomheter både kortsiktig og langsiktig (Parviainen *et al.*, 2017). Digitalisering kan refereres til "en adopsjon eller økning i bruken av digital teknologi av en organisasjon, næring og lignende" (Brennen og Kreiss, 2016). Digitale verktøy er ikke lenger bare verktøy som hjelper selskaper til å gjøre oppgaver på en litt bedre måte, de har i stedet skapt en endring i måten en virksomhet utføres (Schober, 2016). Digitale teknologier både utfordrer og gir muligheter til forskjellige virksomheter ved å endre måten mennesker lever, produserer, arbeider og kommuniserer på (NHO, 2018). Dersom virksomheter ikke tar digitalisering til seg kan de risikere å falle ut av konkurransedrevet markedet.

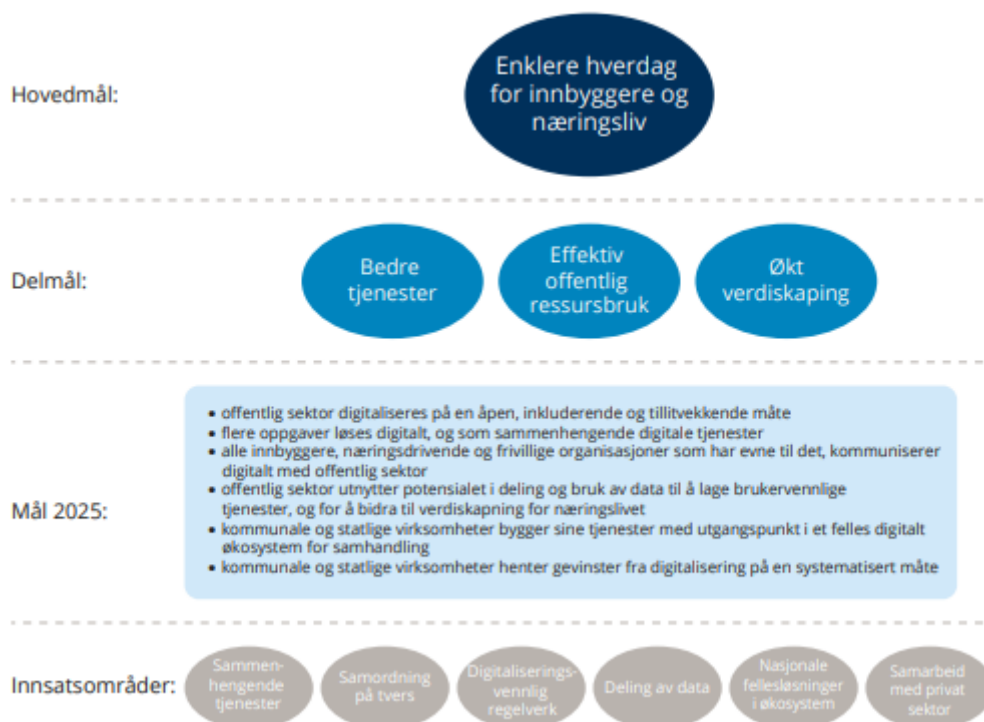
Byggenæringen har en stor påvirkning på dagens samfunn og vil fortsette å være med på å definere hverdagen på forskjellige måter siden det er den næringen som produserer deler av det skapte miljøet, bedre kjent som "built environment" (Alaloul *et al.*, 2018). Etersom prosjekter blir mer komplekse har digitaliseringen i prosjekt vært mer fremtredende. Sammenlignet med andre næringer har byggenæringen vært treg med å ta i bruk digitale verktøy (Gerbert *et al.*, 2016) og ifølge en journal av McKinsey er byggenæringen en av de industriene som er minst digitalisert. Renz og Solas (2016) foreslår at dette er fordi byggenæringen ikke har vært gjennom noen store

forstyrrende endringer. Byggenæringen har derimot de siste årene prioritert digitalisering og dermed blitt en større del av deres hverdag (Agarwal *et al.*, 2016).

3.4.1 Digitaliseringsstrategier

Digitaliseringsstrategi for offentlig sektor

Kommunal- og moderniseringsdepartementet har publisert en digitaliseringsstrategi for offentlig sektor i perioden 2019-2025. Hovedfokuset ved strategien er å understøtte utviklingen av digital transformasjon i hver enkelt virksomhet. Transformasjonen fokuserer på å endre de grunnleggende måtene virksomheter løser oppgaver på ved hjelp av teknologi (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2019). Figur 6 viser målene og innsatsområdene til digitaliseringsstrategien for offentlig sektor.



Figur 6: Digitaliseringsstrategi (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2019)

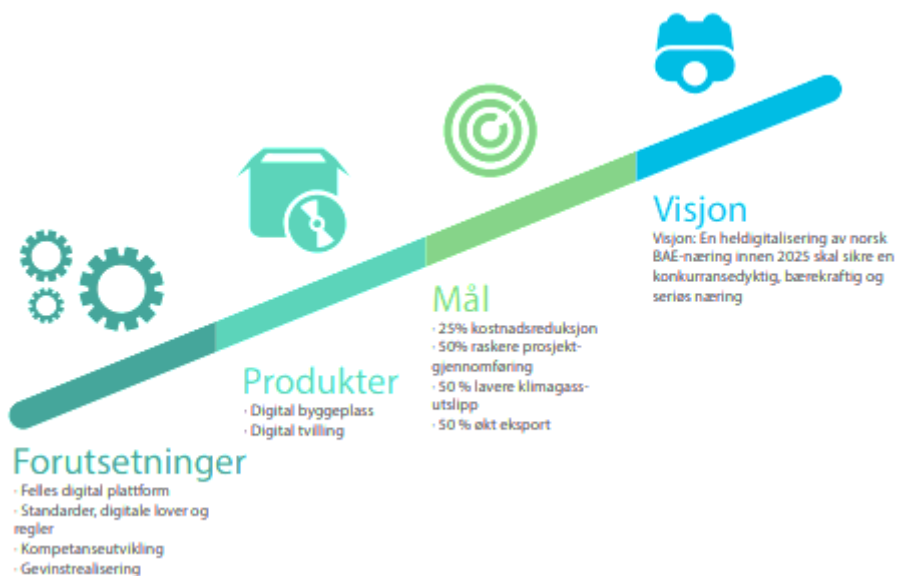
Digitalt veikart

Bygg- og anleggsindustrien betraktes som den viktigste landbaserte industrien i Norge. Den er sysselsatt av omtrent 250.000 mennesker fordelt på ca. 58.000 selskaper, som omsetter for mer enn 600 milliarder kroner nasjonalt (BDO, 2019). Dersom byggenæringen blir heldigital kan gevinstpotensialet i Norge, basert på beregninger fra Storbritannia, være opp mot 100 milliarder kroner årlig (BNL, 2017). For å kunne strekke seg mot dette har Byggenæringens Landsforening

(BNL) opprettet et digitalt veikart som en felles innsats og strategi for BAE-næringen med følgende overordnet mål: *En heldigitalisering av norsk BAE-næring innen 2025, skal sikre en konkurransedyktig, bærekraftig og seriøs næring.* For å oppnå dette hovedmålet har BNL utformet følgende fire delmål som skal bidra:

- 25% kostnadsreduksjon
- 50% raskere prosjektgjennomføring
- 50% lavere klimagassutslipp
- 50% økt eksport av produkter og tjenester

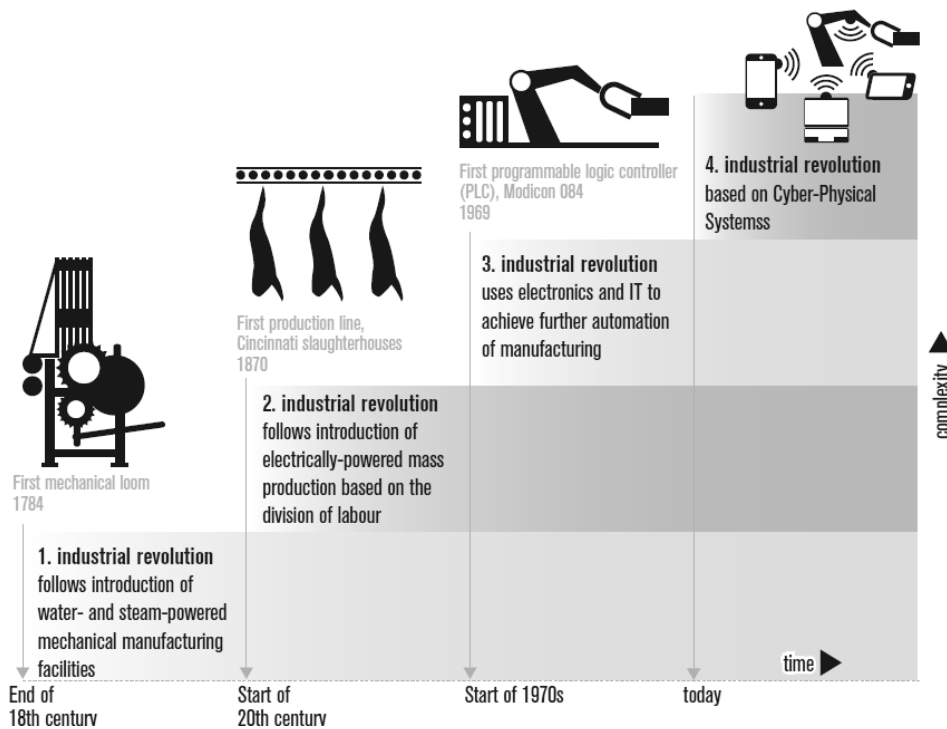
Siden næringen består av mange aktører vil det være nødvendig med en felles digital plattform, utvikling av norske standarder som er tilrettelagt for digital samhandling, samt utviklingen av kompetanse i bedrift og utdanningssystem (BNL, 2017). Figur 7 viser en sammensetning av de viktigste aspektene ved det digitale veikartet.



Figur 7: BNL digitale veikart (BNL, 2017)

Industri 4.0

Industri 4.0 er en teknologisk basert strategi som omfatter den fjerde, industrielle revolusjonen, etter fremkomsten av mekanisering, elektrifisering og datastyring, se figur 8. Industri 4.0 representerer økt digitalisering og automatisering av det industrielle produksjonsmiljøet, samt etableringen av digitale verdikjeder (Dallasega, Rauch og Linder, 2018).



Figur 8: Fire stegene av industriell revolusjon (Alaloul et al., 2018)

Industri 4.0 vil være relevant for de næringene som ønsker å holde følge med den teknologiske utviklingen. I byggenæringen er det fire aspekter ved digital transformasjon som er avgjørende for prosjekt: digital data, automatisering, tilkobling og digital tilgang. Alaloul et al. (2018) beskriver de fire aspektene som følgende: digital data omfatter elektronisk innsamling og håndtering av data for å få nye og aktuelle oppfatninger til hver del av verdikjeden og deretter plassere de aktuelle oppfatningene til bedre bruk. Automatisering er sammensatt av innovative teknologier som bidrar til å generere autonome og selvordnede arbeidsmåter. Tilkobling utvider potensialet for å koble sammen og synkronisere tidligere separate oppgaver. Digital tilgang refererer til bruk av mobiltilgang til internett og lokale nettverk som muliggjør skybaserte tjenester. Disse fire aspektene må vurderes dersom en digital transformasjon skal kunne undergå.

Innen byggenæringen er det forskjellige aspekter som har gjennomgått en digital transformasjon, som kan bidra som en gevinst, men samtidig by på utfordringer. Følgende aspekter kan betraktes som en del av industri 4.0 fra byggenæringens perspektiv (Dallasega, Rauch og Linder, 2018):

- Elektronisk styring av verdikjeden gjennom en nettportal
- Digital informasjon som gir sanntidstilgang til data fra hvor som helst, bidrar til enkel informasjonsdeling

- Bruk av BIM (Building Information Model) for å forbedre samarbeide mellom aktører. Dette verktøyet kan betraktes som det mest sentrale og digitale verktøyet i byggenæringen.

3.4.2 Digitaliseringens påvirkning

Statsbygg (2018) forteller at "målet med digitalisering er å alltid ha oppdaterte tegninger, bedre kvalitet i byggeprosessen, spare tid og penger på raskere prosess og bedre HMS-arbeidet på byggeplass" (Statsbygg, 2018). Anvendelse av digital teknologi viser seg å ha en påvirkning på de forskjellige fasene i verdikjeden (Rasmussen, 2018). Innføring av digitale verktøy i prosjekt påvirker forskjellige faktorer som bidrar til forbedring innen effektivitet og produktivitet. Utviklingen av teknologi har påvirket faktorer som kvalitet, risiko, kostnader, tid, kommunikasjon og samhandling i et prosjekt på følgende måter:

- *Kvalitet og risiko* – utviklingen av en digital modell har økt kvaliteten av et prosjekt og redusert risikoen for at feiltagelser blir gjennomført i produksjon da kjøringen av kollisjonskontroller mellom tekniske fag er lettere utført (Oesterreich og Teuteberg, 2016).
- *Kostnader* – digitale verktøy som en BIM modell viser seg å bistå til å holde et prosjekt under det bestemte budsjettet (Oesterreich og Teuteberg, 2016). Ifølge en rapport fra World Economic Forum og Boston Consulting Group kan implementering av digitale løsninger redusere totale kostnader med 15 prosent (Renz og Solas, 2016; Aga, 2016).
- *Tid* – gjennom sky-baserte plattformer har alle interessenter tilgang til å ha riktig informasjon til riktig tid, noe som resulterer i større sannsynlighet for å bygge korrekt og dermed unngå forsinkelser (Rasmussen, 2018). Rapporten fra World Economic Forum og Boston Consulting Group forteller også at digitale løsninger påvirker byggetiden med en reduksjon på 30 prosent (Renz og Solas, 2016; Aga, 2016).
- *Kommunikasjon og samhandling* – bruk av digital modell og sky-baserte plattformer bidrar til å effektivt forbedre kommunikasjon og samhandling på tvers av involverte aktører (Oesterreich og Teuteberg, 2016; Jones, 2020). Dette er veldig viktig siden interessenter i byggeprosjekter er mange og ofte bredere spredt i forhold til de fleste andre bransjer (Blanco *et al.*, 2017).

- *Helse, miljø og sikkerhet (HMS)* – muligheten for å bruke teknologi for å forberede arbeidere til å unngå potensielle farer er noe som kan påvirke byggenæringen positivt. Virtual reality teknologien åpner muligheten for arbeidere å oppleve generelle og spesifikke arbeidsoppgaver og -prosesser i et risikofritt virtuelt miljø (Getuli *et al.*, 2020). Arbeidernes økte involvering og tilstedeværelse gjennom et virtuelt miljø bidrar til å øke effektiviteten av sikkerhetsopplæring.

I tillegg til disse faktorene har digitalisering hatt en påvirkning på organisasjonen og arbeidsprosessene hos entreprenøren (Kaufmann, Ruaux og Jacob, 2018). Ettersom digitalisering har meldt sin adkomst i byggenæringen har kompetansen til ansatte nødvendig måtte strekke seg til å bli mer digital (BNL, 2019). For å øke kompetansen er det nødvendig med opplæring av de digitale verktøyene som implementeres (Bråthen *et al.*, 2016). BIM teknologien sin vekst har frembrakt flere jobber som er direkte knyttet opp mot BIM (Uhm, Lee og Jeon, 2017). Det har vært nødvendig siden det viser seg at ikke alle ansatte har den nødvendige kompetansen til å håndtere BIM verktøyet på best mulig måte. Rollen som BIM koordinator har dermed blitt aktuell å ha på prosjekt for å bistå prosjekter med en bredere digital kompetanse.

Entreprenøren sin hverdag har også blitt endret ved at teknologiens utvikling har skapt nisje bedrifter som tilbyr nye applikasjoner og verktøy som kan bistå entreprenøren sitt arbeid i de forskjellige fasene (Blanco *et al.*, 2017). McKinsey har laget en oversikt over hvordan verktøyene, som forskjellige oppstartsbedrifter har utviklet, er blitt adressert og bidratt til å redusere utfordringer i byggebransjen (Blanco *et al.*, 2017), se figur 9 . En del av teknologien som disse bedriftene spesialiserer seg i benytter entreprenører seg av i korte perioder og har dermed ikke noe gevinst å ta av for å satse på selv. Dermed vil det heller være mer gunstig å benytte seg av ekstern hjelp.

Digital design: Assist with document control and integration as design progresses from sketches to construction documents

Preconstruction

- Estimating:** Automate and improve the accuracy of bid estimates
- Construction relationship management:** Provide dashboard for business-development pipeline
- Market intelligence:** Gather and analyze information gathering from past projects and competitor performance
- Marketplace:** Create a platform for stakeholders to prequalify, evaluate, and select partners

Construction

- | | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <p>Design management</p> <ul style="list-style-type: none"> Visualize drawings and 3-D models on site, on mobile platforms Update blueprints in the field with mark-ups, annotations, and hyperlinks | <p>Scheduling</p> <ul style="list-style-type: none"> Create, assign, and prioritize tasks in real time Track progress online Immediately deliver work plan and schedule to all workers | <p>Materials management</p> <ul style="list-style-type: none"> Identify, track, and locate materials across the supply chain | <p>Field productivity</p> <ul style="list-style-type: none"> Track crew deployment in real time Manage project staffing across skilled trades Track on-site productivity at a trade and worker level | <p>Equipment management</p> <ul style="list-style-type: none"> Track and manage construction-equipment fleet |
| <p>Quality control</p> <ul style="list-style-type: none"> Inspect remote sites through pictures and tags shared through app Update and track live punch lists across projects to expedite project closure | <p>Contract management</p> <ul style="list-style-type: none"> Update and track contract-compliance checklist Update records for all client and contractor communication regarding contract terms Track vendor prequalification and liens and manage payments | <p>Performance dashboard</p> <ul style="list-style-type: none"> Monitor project progress and performance Provide automated dashboards created from field data Generate manpower updates and view past reports on handheld devices | <p>Document management</p> <ul style="list-style-type: none"> Upload and distribute documents Search all projects across phases Share information across sites | <p>Safety</p> <ul style="list-style-type: none"> Track and report safety incidents across the job site Alert workers on safety procedures and provide tips live |

Enterprise-resource-planning systems

Operations and management

- Work-order management
- Remote monitoring of building systems
- Predictive analytics for system management
- Mid to small project management
- Asset management with an ongoing record of facility performance and maintenance backlog

Figur 9: Oversikt av McKinsey (Blanco et al., 2017)

3.4.3 Digitale verktøy

I en rapport av World Economic Forum skrives det at industrien har et stort potensial for å forbedre produktiviteten og effektiviteten, og det takket være digitalisering, innovasjon og nye konstruksjonsteknikker (Renz og Solas, 2016). Byggebransjen har opplevd en rask utvikling av forskjellige teknologier som har blitt moden og industrialisert, noen eksempler er bygningsinformasjonsmodellering, virtual reality og augmented reality, droner, 3D skanning og printing, og autonomt utstyr. Dersom disse innovasjonene blir utnyttet har bedrifter mulighet til å øke produktivitet, effektivisere prosjekter og deres prosesser, samt forbedre kvalitet og sikkert på prosjekter.

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM)

BIM er et digitalt verktøy som har vært med i byggenæringen i mange år. BIM teknologien gir en presis og virtuell modell av en bygning som er digitalt konstruert (Eastman *et al.*, 2008). I tillegg bidrar den med beskrivelser og fremvisningen av informasjon som er nødvendig i planlegging, prosjektering og produksjon, samt drift av et prosjekt (Standard Norge, 2017). Ved bruk i de ulike fasene av et prosjekt, bistår BIM modellen arkitekter, ingeniører og bygningsarbeidere også til å visualisere hva som kommer til å bli bygget gjennom et simulert miljø (Azhar, 2011). Azhar (2011) poengterer videre at BIM ikke kun er et verktøy i form av en programvare, men er også en prosess som har endret arbeidsflyten og måten et prosjekt blir levert på.

Bruksområdet til en BIM modell er mange og kan betraktes som grunnlaget til den nye arbeidsmåten som er blitt forårsaket av digitale strategier (Kaufmann, Ruaux og Jacob, 2018). Dersom en BIM modell er godt vedlikeholdt kan den også videreføres til bruksfasen ved å være et godt underlag for livsløp-integrasjon. Dette underlaget inkluderer "hvordan systemene og bygningsdelene er prosjektert, hva som er blitt levert og hvordan de er forutsatt å brukes, driftes og holdes ved like" (Grani, 2020). Dette kan også være verdifullt for miljøsertifisering av bygg, samt utviklingen av sirkulær økonomi i byggebransjen.

Virtual reality (VR) og augmented reality (AR)

VR er en teknologi som bytter ut den virkelige verdenen med en digital verden som gir en illusjon av å være tilstede i et virtuelt miljø gjennom VR-briller (Karp, 2019). I det virtuelle miljøet er det mulig å navigere seg i sanntid av modellen, samt samhandle på en annen måte enn tidligere (Woksepp og Olofsson, 2008). VR har vist seg å være nyttig i tidlig fase av et prosjekt, kanskje spesielt når et prosjekt skal presenteres slik at interessenter får en dypere forståelse for hva som skal

bygges og hvordan det vil oppleves i det aktuelle området (Andersen, 2019). AR differer fra VR ved at den virkelige verdenen ikke blir stengt ute, men det legges et digitalt sjikt over de eksisterende forholdene (Sekse og Emborg, 2018). Denne teknologien har stort potensial ute i produksjon når tekniske fag skal koordineres ved at tekniske elementer kan visualiseres og dermed kontrolleres til riktig plass før installasjon (Andersen, 2019).

Droner

Droner har vist seg å være et effektivt kommersielt verktøy for ulike bruksområder i byggeprosjekter (Patterson, 2018). Ubemannet luftkjøretøy gir lett tilgang til store, komplekse bygg. Med denne tilgangen er det enklere å gjennomføre visse oppgaver som krevde mye mer utstyr, og til tider som ikke var mulig å gjennomføre i det hele tatt. De kan gi flyfoto data og kartlegge informasjon som kan brukes til landmålinger, inspeksjoner av bygg, overvåkning av prosjektets fremdrift, sikkerhetskontroll og generelle kartlegginger (Zaychenko, Smirnova og Borremans, 2018).

3D skanning

3D skanning utvikler 3D punktskydata som gjør det mulig å fange geometrisk informasjon av bestemte objekter på en presis og effektiv måte (Papadikis *et al.*, 2019). Tidligere har informasjon om byggeplasser og byggeprosjekter blitt innhentet gjennom manuelle målinger og besøk på den aktuelle byggeplassen, noe som er tid- og ressurskrevende, og i tillegg er utsatt for potensielle feilmålinger. 3D skanning har utviklet seg til å bli en overlegen tilnærming til å skaffe presis geometrisk informasjon av byggeprosjekt (Wang, Tan og Mei, 2020). Teknologien brukes i planlegging og prosjektering, produksjon, samt drift og vedlikehold.

Imerso er en norsk bedrift som utviklet en teknologi som tilbyr denne tjenesten i produksjon av et prosjekt. Teknologien skanner det som er under bygging i et rom som deretter sammenligner det med modellen og tegningene. Dersom avvik er oppdaget blir dette varslet om. Teknologien er svært effektiv og kan bidra til besparelser. En av gründerne, Sarah Muller, henviser til et eksempel der hun brukte en dag på å skanne et bygg på 12000 kvadratmeter (Bakken, 2018).

Digital tvilling

Denne teknologiske utviklingen har bidratt til en samhandling mellom den fysiske og virtuelle verden. Digital tvilling er et verktøy som er et virtuelt og digital ekvivalens med et fysisk produkt. Den digitale tvillingen skal inneholde all informasjon om det fysiske produktet. Det skal ikke kun

være en mekanisk og geometrisk modell, men i tillegg være en elektronisk representasjon med innebygd programvare, produkt data og sensor data (Daskalova, 2018).

BNL sitt digitalt veikart nevner digital tvilling som et produkt som bidrar til å kunne oppnå målet om å heldigitalisere næringen innen 2025 (BNL, 2017).

Kunstig intelligens (KI)

KI defineres som maskinens evne til å etterligne intelligent menneskelig atferd, og søker å bruke menneskeinspirerte algoritmer for å løse problemer (Salehi og Burgueño, 2018). Det handler om vitenskapen og ingeniørkunstene bak det å skape intelligente maskiner som viser resonnement, læring, kunnskap, kommunikasjon, oppfatning, planlegging, samt evnen til å bevege og betjene objekter (Darko *et al.*, 2020). Ifølge Darko *et al.* (2020) spiller KI en viktig rolle i Industri 4.0, der intelligente systemer og teknologier brukes til å utvikle en kobling mellom den fysiske og virtuelle verden. Ved å innføre KI kan det bidra til å automatisere flere oppgaver og øke effektiviteten i et byggeprosjekt (Salehi og Burgueño, 2018).

Spacemaker AS er en norsk bedrift som har utviklet en programvare som ved hjelp av kunstig intelligens bidrar til å foreslå alternative løsninger for byggeprosjekter. Ved å fremme ulike alternativer bidrar programvaren som en beslutningsstøtte til aktører innen prosjektstyring (Spacemaker, 2020).

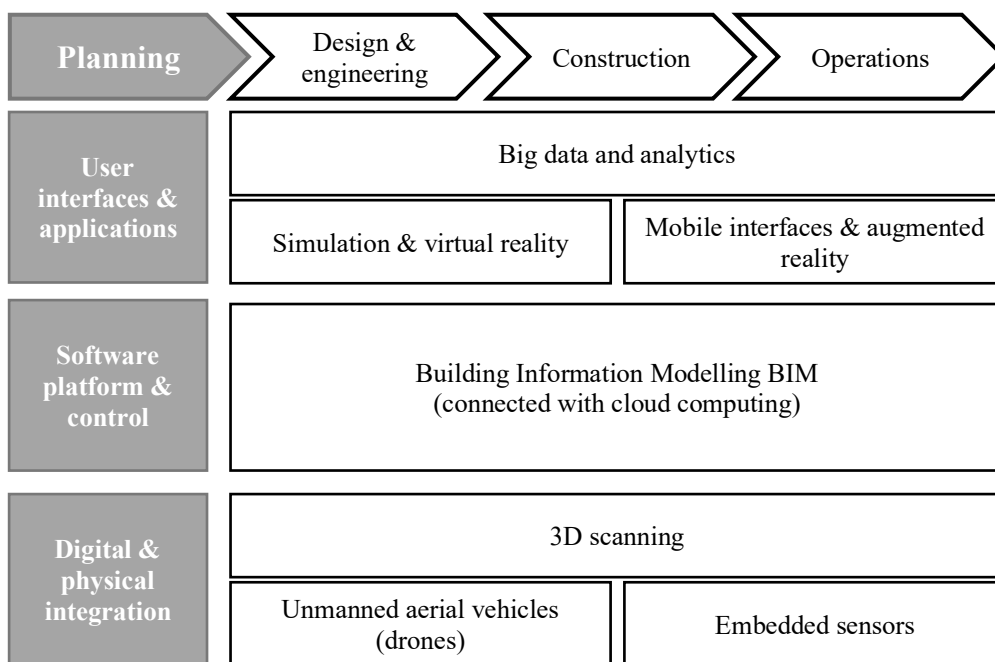
Virtual Design & Construction (VDC)

VDC er en prosess ved bruk av en nøyaktig og presis 3D-bygningsinformasjonsmodell (BIM) for å legge til rette visualisering, kommunikasjon, koordinering, estimering, simulering, innkjøp, fabrikasjon, sekvensering, planlegging og sideoppsett (Luth, 2011). For bedrifter er VDC en måte å jobbe på i prosjekter som støttes opp av BIM. Verktøyet har bidratt til en ny tankegang og måten å tilnærme seg et prosjekt på, ved å styre informasjon samt organisere mennesker og arbeidsmetoder (Kunz og Fischer, 2012).

3.4.4 Kartlegging av digitale verktøy

Alaloul *et al.* (2018) presenterer et kart, figur 10, som viser ulike digitale teknologier som anvendes i en entreprenørs verdikjede. Figuren er sammensatt av, ifølge Alaloul *et al.* (2018), hovedteknologiene som myndiggjør byggebransjens digitale transformasjon i henhold til industri 4.0. Bruk av big data og analyser som baseres på innsamlet data fra de forskjellige fasene av et

nåværende prosjekt kan bidra til å skape nye forståelser for fremtidige prosjekter. I begynnelsen av et prosjekt kan VR og simuleringer anvendes til å skape en mer omfangsrik forståelse av et prosjekt, samt i løpet av prosjekteringsfasen kan disse verktøyene brukes til å utføre kollisjonskontroller mellom tekniske fag. Utviklingen av mobil tilkobling og AR tillater aktører å bli mer involvert i sanntiden av et prosjekt som er meget fordelaktig ved utdeling av informasjon. BIM har endret prosesser i de ulike fasene ved at alle aktører har full tilgang til prosjekt informasjon i form av modellen, tegninger og dokumenter. 3D skanning har muligheten til å konstruere digitale modeller av nåværende fasiliteter som kan integreres i et foreslått prosjekt, samt kontrollere produksjon opp mot modellen for å oppdage avvik. Droner kan brukes til å planlegge prosjekter og brukes i produksjon til å inspisere et prosjekts framgang. Droner og sensorer kan benyttes til å observere feilbygging og samtidig sende inn informasjonen i sanntid slik at aktuelle aktører kan korrigere feilen. (Alaloul *et al.*, 2018)



Figur 10: Digitale teknologier brukt i en entreprenørs verdikjede (Alaloul *et al.*, 2018)

Det er mange forskjellige digitale verktøy som er blitt introdusert til byggebransjen. Alaloul *et al.* (2018) sitt kart kan betraktes som et godt utgangspunkt for kartet som blir produsert ut ifra resultatene fra intervjuene.

4. RESULTATER

Dette kapittelet tar for seg funnene fra intervjuer med to nasjonale entreprenør bedrifter og en lokal entreprenør bedrift tidligere nevnt i kapittel 2.4.1. Strukturen til kapittelet er lagt opp etter forskningsspørsmålene og baseres på det innsamlede materialet fra intervjuene. Funnene viser hvordan digitalisering har påvirket entreprenørens verdikjede og hvilke digitale verktøy som er blitt innført i de forskjellige fasene i entreprenørens verdikjede. Til slutt presenteres hvordan digitale verktøy har skapt utfordringer, men også hvilke muligheter digitalisering muliggjør for å forbedre og effektivisere entreprenørens verdikjede.

4.1 Digitaliseringens påvirkning

Det er en økning av digitalisering i bransjen da interessenter ser mulighetene digitalisering gir. Bygg- og anleggsbransjen har lenge vært en tradisjonell "hands-on" bransje som har bestått av praktiske løsninger på praktiske problemer utført av praktiske mennesker i nuet. Det å tenke langsiktig, komplekse hendelsesforløp og konseptualisering av en modell har vært fremmed i bransjen før digitalisering kom til syne. Interessenter, både innad i organisasjoner og utenfor, har sett marginer visse steder i bransjen og funnet teknologi som har kunnet angripe akkurat den delen av marginbilde og som har bidratt til fortjeneste.

Endringen av fokuset har også vært påvirket av konkurransen innen entreprenørvirksomheten. Den har gått fra å være lokal til regional til nasjonal og noen vil også påstå at den har nådd til å være global. Respondenter fra nasjonale entreprenørselskapene kunne formidle at en nasjonal tilstedeværelse gjør at man har ressurser og muligheter til å drive fram digitalisering. De mente videre at satsingen er godt forankret i toppledelsen som er en viktig driver for det digitale skiftet. Med denne endringen er det flere konkurrenter som har profesjonalisert seg på en annen måte, noe som kan gjøre det utfordrende for mindre, lokale aktører å holde følge med store prosjekter, fortalte en av respondentene.

Innføring av digitale verktøy, prosesser og løsninger har endret fasene i en entreprenørs verdikjede ved at arbeidsoppgaver og deres prosesser har opplevd en digital transformasjon. Denne digitale transformasjonen har bidratt til økt produktivitet som videre bidrar til å skape merverdi i entreprenørens verdikjede. Fra intervjuene ble det tydelig at følgende faktorer knyttet til verdikjeden har blitt påvirket av den digitale transformasjonen: kommunikasjon og samhandling, tid og kostnader, samt kvalitet og risiko.

4.1.1 Tid og kostnad

Når ny teknologi blir introdusert til en bedrift er det ikke mulig å unngå at det blir brukt tid på å forstå hvordan verktøyet skal håndteres og dermed resultere i økt bruk av tid på bestemte oppgaver som er koblet til det bestemte verktøyet. En respondent forteller at "i enkelte tilfeller blir det satt opp kurs for opplæring av aktuelle verktøy". Etterhvert som verktøyet er godt innført har det vist seg at digitale verktøy bidrar til å effektivisere arbeidsprosesser ved å spare tid. En av respondentene uttrykker at "poenget med å bruke digitale verktøy er at det skal lette på tiden vi bruker på oppgaver". Håndteringen av digitale tegninger og modeller gjør det lettere å finne smarte løsninger som kan brukes videre i produksjon. Disse løsningene vil som regel ta mye lengre tid uten digitale tegninger og spesielt modeller.

Før nye digitale verktøy ble introdusert, ble oppgaver, eksempelvis mengdeberegninger, gjennomført ved bruk av penn og papir, hodeberegninger og Excel. Disse verktøyene er fortsatt i bruk i dag, men forskjellen nå er at oppgavene kan utføres mer effektivt, ved hjelp av digitale verktøy, slik at prosjekter sparer tid. Mengdeuttak og beregninger gjennomføres mer effektivt nå ved digitale programvarer.

Der det er mulig å spare tid vil som regel også resultere i en besparelse av kostnader også. Disse to egenskapene ved digitale verktøy går hånd i hånd med hverandre. En av respondentene uttrykker:

Vi klarer å optimalisere løsninger ved at det er lettere å finne smarte og korrekte løsninger som dermed resulterer i en besparelse av tid som gir en kostnadsfordel for prosjektet i og med at det blir mindre feil som i etterkant må rettes opp.

4.1.2 Samhandling, kommunikasjon og forståelse

Når et byggeprosjekt skal gjennomføres er det mange aktører som er involverte fra start til slutt og for at et prosjekt skal være en suksess er det essensielt å ha god kommunikasjon og samhandling mellom de aktuelle aktørene. Informasjon om et prosjekt blir sendt på tvers av aktører og digitale verktøy har bidratt til å effektivt samle og strukturere informasjonen slik at den er tilgjengelig i påfølgende faser. En respondent forteller:

De digitale verktøyene som brukes i dag er med på å samle og strukturere informasjon som vi får inn, på en mye bedre og effektiv måte enn hva som hadde vært mulig dersom verktøyene ikke var tilgjengelige. Ved å samle informasjon og

tilgjengeliggjøre den sørger vi at det følger prosjektet videre til prosjektering og produksjon.

Det finnes mange forskjellige digitale verktøy som bidrar til å forbedre kommunikasjon og samhandling, men verktøyet som har påvirket det mest er BIM modellen. Tidligere i bygg- og anleggsbransjen har det vært utfordrende å se for seg hvordan sluttproduktet av et prosjekt kommer til å være med tilhørende tekniske fag. Det ble skapt et visuelt bilde av prosjektet ved at tekniske tegninger ble lagt oppå eller ved siden av hverandre, noe som krevde mer av de tekniske rådgiverne. BIM modellen har skapt muligheten til å visualisere prosjektet på og samhandlingen mellom aktører på en helt annen måte, slik en av informantene beskriver:

Samhandling er veldig viktig og ved bruk av modellen kan tekniske fag lettere se sitt fag opp mot andre og dermed jobbe parallelt med hverandre. Utviklingen av modellen har gjort det mulig å direkte kommunisere til aktører hvis for eksempel det er noe man lurer på når det gjelder deres fag.

Noen vil påpeke at BIM modellen har vært revolusjonerende for samhandlingen og kommunikasjonen i et prosjekt, men at det også har påvirket den overordnede forståelsen av et byggeprosjekt. For interessenter som er utenforstående, for eksempel kunder, kunne det være utfordrende å forstå hvordan et prosjekt ble seende ut til slutt og i løpet av utførelsen, noe en BIM modell har hjulpet med. Verktøyet endrer måten hvordan et prosjekt blir presentert på slik at en mer utfyllende forståelse kan oppnås for alle involverte parter.

Digital kommunikasjon og samhandling har blitt satt på prøve under dagens omstendigheter med Covid-19 og en av respondentene uttrykker:

Vi har jo effektivt demonstrert at digitalisering kan vi få til på tre dager, selv om vi har brukt tre år på å få det til. Det er ikke alt som er galt med denne situasjonen.

Situasjon har utfordret bedrifter til å benytte seg av digital kommunikasjon gjennom programvarer som tilbyr videosamtaler, for eksempelvis Microsoft Teams, Zoom og Skype. Flere av respondentene påpeker at det har vært utfordringer med digital kommunikasjon, men på grunn av situasjonen har det vært nødvendig å overvinne de utfordringene og som har vist seg å være mulig. En ettervirkning av denne situasjonen, med tanke på digital kommunikasjon og samhandling, er at det kan lette hverdagen til involverte i prosjekt som muligens sitter et annet sted enn der et prosjekt holder til, en respondent beskriver:

Eksempelvis premissrådgivere (RIAk, RIBr, RIG) som sitter et annet sted enn der prosjektet holder til, har mulighet til å ta del ved bruk av videomøte istedenfor å bruke dagen sin på å reise for å delta i et møte som varer i en time.

4.1.3 Kvalitet og risiko

Prosjekter har blitt mer kompliserte og det stilles høyere krav til arbeidet som utføres. Digitale verktøy har hatt en viktig rolle for å kvalitetssikre prosjekt og redusere risiko på en annen måte enn tidligere. Mulighetene med en BIM modell er store og når et prosjekt skal prosjekteres, har BIM modellen hatt stor påvirkning på måten aktører jobber. En av respondentene beskriver fordelene med en sammensatt BIM modell:

Verktøyene vi benytter oss av i dag kan i mye større grad parallellisere prosesser. Før kunne prosjekteringsfasen ligne en stafett ved at et fag måtte gjøre seg ferdig før det ble sendt videre til neste fag. Når de tekniske fagene jobber parallelt med hverandre løftes hele modellen suksessivt i presisjonsnivå, som bidrar til å redusere risiko når den videreføres til produksjonsfasen.

Når de tekniske fagene jobber parallelt med hverandre i en BIM modell er muligheten for å kjøre kollisjonskontroll lettere å gjennomføre siden det blir enklere å oppdage kollisjoner og avvik. Dette har forenklet entreprenørens arbeid ute på byggeplasser i form av at risikoen for å bygge noe feil er betydelige lavere enn før. I tillegg til kollisjonskontroll, blir risikoen redusert ved å ha tilgang til reviderte tegninger til enhver tid, som en respondent beskriver:

Ved å alltid ha en revidert tegning tilgjengelig sikrer man at arbeidet blir bygget korrekt og i henhold til den nyeste tegningen. Har hørt om tilfeller der byggingen har jobbet ut ifra en gammel revisjon og resultert i feilbygging.

4.1.4 Nye roller og endringer bransjen

Utviklingen av teknologi har skapt endringer i utførelsen av prosesser i et prosjekts livsløp, men har også vist seg å skape endringer i form av nye roller og spesialiseringer hos ansatte. En viktig faktor av et prosjekt er BIM modellen som flere aktører benytter seg av. Med dette har det blitt mer betydningsfullt å ha en såkalt BIM koordinator som kan bistå med modellen på grunn av høyere krav i prosjekter. En av respondentene forteller at innad i bedriften er det opprettet en prosjektgruppe, som består av tre BIM teknikere, som bistår med å utvikle modeller i tidlig fase for

å spesielt hjelpe kalkulatørene. Respondenten nevner at "prosjektgruppen har skapt en endring i måten ansatte jobber på, og spesielt sett en effekt blant kalkulatørene og forvaltningen av arbeidsdagen deres". Prosjektgrupper og roller som spesialiserer seg innen visse teknologier viser at fokuset på digitalisering er blitt bedre forankret i konsernnivået, ved at det er flere ansatte som jobber direkte med utvikling og strategi.

Ettersom digitale verktøy er blitt innført i bedrifter, har behovet for kompetanse hos ansatte endret seg. En respondent forteller at "noen av verktøyene som er innført kan være ganske tunge og krever spesialkompetanse og derfor har resultert i en endring i vår kompetanse". Det forventes mer til hver enkelt å ha bedre forståelse til digitale verktøy slik at det skal være mulig å benytte seg fullt av den verdien som det digitale verktøyet tilføyer et prosjekt.

I tillegg til å skape endringer innad i bedrifter, har teknologiens utvikling skapt nisje-bedrifter som spesialiserer seg innenfor ulike digitale felt. Disse bedriftene leverer en type tjeneste som ikke fantes før og har til en viss grad erstattet virksomheter hos rådgivende ingeniører. Noen eksempler er Spacemaker AI som spesialiserer seg på bruken av kunstig intelligens for å teste ut ulike bygningskonsepter for å optimalisere et prosjekt, Dimension10 spesialiserer seg innenfor VR og utvikler et Software-plattform for 3D modeller som støtter VR teknologien. Disse bedriftene har programvarer som deres hovedgeskjeft som aktører i byggebransjen kan kjøpe for å benytte seg av tjenestene deres.

4.2 Digitale verktøy i entreprenørens verdikjede

4.2.1 Entreprenørens verdikjede

Verdikjeden til en entreprenør vil variere etter hvilken kontraktsmodell som blir brukt for et prosjekt. I prosjektoppgaven ble det kjent at dersom en entreprenør blir kontrahert som en totalentreprenør er omfanget til entreprenørens verdikjede bredere siden entreprenøren påtar seg mer ansvar i form av kalkulasjon, prosjektering og produksjon. Figur 11 viser en enkel representasjon av verdikjeden til en totalentreprenør.



Figur 11: Oppbygning av entreprenørens verdikjede (utviklet av forfatter)

4.2.2 Kalkulasjon

Kalkulasjon beregnes som startsfasen for en entreprenør i et prosjekt. Fra oppdragsgiver får de tilsendt et forprosjekt, som ansees som arbeidsunderlaget til en kalkulator for å kunne beregne mengder og dermed kalkulere pris på prosjekt. Digitale verktøy er en viktig del av en kalkulators hverdag. Underlaget som en kalkulator mottar fra arkitekt er som regel en IFC-fil. Hvor godt egnet filen er for mengdeuttak kan være varierende og dermed, som regel, tegner en kalkulator opp modellen på nytt ut ifra underlaget til arkitekten, en av respondentene beskriver:

Underlaget som vi mottar kan være litt varierende så for vår egen del, som en entreprenør som bærer prosjektet videre, tegnes modellen opp på nytt for å så få riktig tall som mulig på det som skal bygges. Dette gjøres for å kunne prise prosjektet så korrekt som mulig.

Avhengig av dimensjonen til underlaget som er mottatt brukes det mengdeberegningsprogrammer for å enklere ta ut mengder for et prosjekt. Eksempelvis for 2D tegninger, i form av PDF, finnes det et program som heter Geometra. For 3D modeller brukes det et program som heter Solibri. En fordel ved Solibri er at ulike komponenter av et prosjekt får sin egen ID som programvaren kan gjenkjenne. IDen bidrar til å gjøre mengdeberegning mer effektivt ved at det dannes en sporbarhet til de ulike komponentene. En av respondentene uttrykker følgende om Solibri:

Solibri har vært brukt i bransjen en stund, men det er først nå at nivået er høyt nok at det faktisk kan brukes effektivt og mer sikkert.

Når mengdene er ferdigberegnet blir de lagt inn i et kalkulasjonsverktøy som bistår kalkulatøren med å gjennomføre en kalkyle. Når kalkylen er ferdig blir den sendt videre til prosjekteringsfasen slik at rådgivere av ulike tekniske fag kan bli kontrahert og selve utvikling av en sammensatt modell kan begynne.

For å effektivisere tiden i kalkulasjon har byggeprosjekter blitt brutt ned i komponenter som er sammenlignbare på tvers av byggeprosjekter. Denne nedbrytningen følger spesifikt hvilke ressursinnsatser som trengs for å bygge opp de forskjellige komponentene. Den empiriske dataen som er hentet blir lagt inn i en "Business Intelligence" løsning, som er en databasert beslutningsstøtte. Dette kalles gjerne en erfaringsbasertkalkulasjon som kan gjøre det lettere for

beregninger til fremtidige prosjekter, dersom de har sammenlignbare komponenter. En av respondentene forteller:

Dette er en form for digitalisering som ikke er veldig avansert, men som krever en del arbeid for å utføre på grunn av at man må standardisere det som bygges og passe på at det er sammenlignbart på tvers av prosjekter – skal kunne innhente data som er epler og epler.

4.2.3 Prosjektering

Basert på kalkylen og kontrakt fra byggherre forpliktes prosjekteringen til å levere innen et bestemt budsjett og kvalitet. For å innfri dette baserer mye av en prosjekteringsleders hverdag rundt en 3D-modell. En respondent påpeker at "3D-modellen i prosjektering har blitt en selvfølge siden verktøyet har blitt såpass godt innarbeidet i hverdagen." En BIM modell har lenge vært i bruk, men bruksområdet har blitt utvidet, ettersom det stadig stilles strengere krav til innholdet i modellen. I prosjekteringen blir det kontrahert tekniske rådgivere som bidrar med sitt fag til prosjektet. Med dette tverrfaglige samarbeidet har Solibri, et modellsjekking program, vært et viktig verktøy for å gjennomføre kollisjonskontroller mellom de tekniske fagene og samtidig sørge at det ikke blir noen problemer når prosjektet blir satt ut i produksjon.

For å kunne utføre godt samarbeid med alle involverte viser det seg at flere av respondentene benytter seg av et web-basert prosjekthotell. I prosjekthotellet blir dokumenter lagret, samt modellen, slik at prosjektmedarbeidere har konstant tilgang til korrekt versjon slik at det er mulig å alltid kunne arbeide i sanntid. Et prosjekthotell har mange bruksområder i tillegg til lagring av dokumenter og fremvisning av BIM modellen. Det kommer frem at det brukes til sjekk av kvalitetsavvik, samt gjennomgang av prosjektet i form av vernerunder. En av respondentene forteller at det er planlagt å utvide bruksområde:

Vi vurderer å bruke det også som en kommunikasjonsplattform når aksjonslister skal utføres. Vi ønsker å ha mest mulig informasjon samlet på et sted, og spesielt i nærheten av modellen.

Samarbeidet mellom prosjektets tekniske rådgivere er veldig viktig for å gjennomføre et fungerende prosjekt. Utviklingen av verktøy har gjort det i større grad mulig å parallellisere prosesser, slik at prosjektets rådgivere kan arbeide samtidig. En metodikk, som innebærer digitale løsninger, er blitt

innført i entreprenørens hverdag. Den er kalt Virtual Design and Construction (VDC) og har bidratt til en endring i arbeidsprosessene. Det anses som en ny måte å tilnærme et prosjekt på gjennom samarbeid mellom aktører. VDC har blitt en viktig ressurs i bygg og anleggs bransjen og en av respondentene forteller at "VDC er en metode som vi utdanner våre ansatte i for å forbedre våre arbeidsprosesser mellom aktører".

En av respondentene jobber med et nytt og komplekst prosjekt med offentlig byggherre som utfordrer vedkommende på å benytte seg av flere digitale verktøy. En av verktøyene som oppfordres å bruke er BIM i eByggesak, som er en digital byggesøknad. I stedet for å sende inn byggesøknader manuelt til saksbehandler blir dette gjort digitalt ved bruk av digital signering. Som en del av byggesaksbehandlingen skal modellen inkluderes slik at de som behandler byggesaken skal kunne se for seg det store bildet ved prosjektet, og ikke kun basere seg på PDF tegninger. Vedkommende beskriver:

Denne prosessen menes å kunne forbedre byggesaksbehandlinger, redusere saksbehandlings tid og gjøre det enklere både for dem og naboer til å skape et forhold til hvordan prosjektet eventuelt blir seende ut.

Videre bruk av BIM modellen, forteller vedkommende, er bruken av VR-briller i ulike type møter. Hensikten med dette er at involverte aktører bruker VR-briller for å delta i møtet inne i selve prosjektet for å få en bedre forståelse av det som skal bygges:

Fra tidligere erfaringer tillater det at alle kan møtes og oppleve prosjektet på en helt annen måte enn å diskutere det ut ifra en skjerm. Deltagerne får et mer reelt forhold til størrelse, avstander, plass og den type ting. For et utrent øye er det langt enklere å forstå en 3D-modell enn en rekke plantegninger, snitt og fasadeoppriss. Tidligere erfaring med bruk av VR-møter viser at dette dermed fungerer spesielt bra i forbindelse med brukervedvirkning.

4.2.4 Produksjon

Ute i produksjon er BIM-modellen et essensielt verktøy for utførelse av et prosjekt. I produksjon blir modellen utnyttet gjennom prosjekthotellet til bedriftene når det utføres befaringsrunder i form av HMS, avvik og kvalitetssikring. I tillegg til å ha tilgang til modellen, blir også dokumenter, type reviderte tegninger, lastet opp i prosjekthotellet. En respondent forklarer dette ved:

Ved å alltid ha en reviderttegning tilgjengelig sikrer arbeiderne seg at det blir bygget i henhold til den nyeste tegningen og minimiserer risikoen for å bygge feil.

I de siste årene har droner blitt hyppigere brukt ute på byggeplasser. Bruksområdet til droner er ganske bredt og det viser seg at de blir utnyttet til å gjennomføre visuelle inspeksjoner av overflater for å kontrollere at det som bygges holder mål med det som er prosjektert. En respondent uttrykker følgende "tidligere for å utføre disse oppgavene ble det tatt i bruk kraner for å inspisere og i verste fall ble det ikke inspisert fordi man ikke hadde tilgang". Droner med termisk kamera blir flydd over bygninger og anlegg for å avdekke energilekkasjer. I store prosjekter, spesielt anleggsprosjekter, blir droner brukt for å dokumentere fremdriften, noe som har vist seg å være mye mer effektivt og tidsbesparende enn hvis en enkelt person skulle kjørt langs et anleggsprosjekt som totalt er for eksempel 2,5 mil lang. I tillegg brukes droner til å lage digitale modeller av et terreng slik at det er lettere å finne ut hvordan et anleggsprosjekt skal legges fra. For å måle volumet av deponier blir droner benyttet istedenfor å sende personer ut med en målestokk. Respondentene formidlet at tidsbesparelsen ved å bruke droner fremfor arbeidere gir et positivt utslag.

Automatisering av systemer har bidratt til å avlaste enkle oppgaver som må utføres. En respondent nevner bruken av et system som overvåker og automatisk bestiller tømning av avfallskontainere. Systemet baserer seg på å følge med på fyllingsgraden til kontainerne på byggeplassen og når den når frem til et bestemt nivå sier systemet direkte ifra til avfallstømmere som plukker opp og plasserer ny kontainer på plassen uten at noen på prosjektet har måttet gjøre noe.

I produksjon kommer det regelmessig transportører som leverer varer og tjenester til byggeplassen. Dette skaper ofte trafikk kaos, på prosjekter med begrenset plass, og ved bruk av et logistikksystem er dette mulig å unngå ved at transportørene får en plass i systemet og slippes inn på byggeplassen på en bestemt tid for å levere det de skal.

En annen form for automatisering er selvkjørende maskiner som opererer etter GPS-koordinater. Systemet til maskinene blir programmert etter bestemte GPS-koordinater og tillater maskinene å styres automatisk. En respondent uttrykket at dette ble spesielt brukt med gravemaskiner for å kartlegge punkter på byggeplassen og for å rette ut arealer og flater.

Ute i produksjon av et prosjekt er det viktig å ha kontroll på det som bygges er i samsvar med det som er blitt prosjektert. Til tross for at arbeidere har tegninger tilgjengelig, så er det mulig å gjøre

menneskelige feil som kan lede til en feil i byggingen. For å unngå dette finnes det digitale løsninger som kan overvåke det som blir bygget og sammenligne det opp mot det digitale tegningsgrunnlaget og modellen. En av respondentene forteller:

Imerso er en norsk leverandør som tilbyr denne type løsning ved bruk av en digital skanner, et 3D-kamera, som skanner det som er blitt bygget og sammenligner det direkte opp mot BIM modellen for å finne avvik og som hjelper arbeidere å stoppe med å bygge inn i et problem.

Når avvik er oppdaget tidlig nok vil det bidra til å forebygge å måtte bygge om bygget i etterkant for store summer.

Når et bygg skal bygges utføres det forskjellige konstruksjonsoppgaver som har tilhørende digitale løsninger. Det er utviklet roboter som muliggjør forskjellige ting i byggeprosessen som endrer måten produksjonsarbeid utføres. Norske nLink er et selskap som har utviklet en borerobot som borrar hull i betongtak. Boreroboten er programmert til å følge et bestemt mønster mens den nøyaktig borrar opp i taket. Det nevnes at "det er flere digitale løsninger i form av roboter som er her, men som ikke er industrialisert enda". De digitale løsningene vil endre produksjonsprosessene og muligheter ved bruken av roboter kan være eksempelvis montering av gips- og trefiberplater eller å male overflater.

Underveis i produksjon er det lurt å forstå tilstanden til bygget og for å kunne gjøre dette på et mer detaljert nivå har tanken om å benytte sensorer vært diskutert. Eksempelvis sensorer som kan måle fuktighet og temperatur underveis i byggefasen, men også i bygget når vegger er kledd igjen. Fordelen med dette er å kunne sikre at det som er bygget er korrekt, samt som det er enklere å finne ut om kravene som er satt er faktisk oppnådd. En annen mulighet med sensorer er å bruke de under takteking for å bistå med å avgjøre om taket er tett etter det er ferdigstilt.

Tidlig i produksjon viser det seg at Virtual Reality blir brukt i den form av VR briller for å se hvordan bygget skal se ut ved bruk av den sammensatte og prosjekterte BIM modellen. Prosjekter med tekniske installasjoner og kompliserte anleggsprosjekter har det vist seg å være fordelaktig å bruke VR for å se om det vil fungere i realiteten. Teknologi som HoloLens og Dimension10 er eksempler på VR som byggebransjen utnytter tjenestene fra forteller en av respondentene. Når et prosjekt er kommet godt i gang i produksjonsfasen vil VR teknologien ikke være like behjelpelig med tanke på at "det er ganske klart og tydelig hvordan prosjektet blir seende ut ved hjelp av BIM

modellen". En av respondentene forteller at "AR-teknologien vil heller være mer egnet siden den kombinerer den virkelige verden med det digitale", slik at det er mulig å kontrollere hvilke komponenter som eventuelt mangler.

Når et bygg er i siste fase av produksjon må bygget gjennomgå en avsluttende befaring som før ble gjort ved bruk penn og papir. I dag finnes det digitale løsninger som tilbyr en form for digital skanning som sjekker bygget del for del mens befaringen foregår. Norske CHECKD tilbyr denne tjenesten med mål om å forenkle hverdagen til en byggarbeider, ifølge respondentene.

4.2.5 Kommunikasjon og samhandling

For å ha god flyt i et prosjekt er det vesentlig å ha velfungerende kommunikasjon som bidrar til god samhandling mellom aktører som tar del i samme fase, men også på tvers av fasene.

En BIM-modell har blitt et viktig verktøy når det gjelder kommunikasjon og samhandling, med det som grunnlag prøver aktørene å være mer beviste på at alle er enige om hvilket ferdighetsnivå modellen skal ligge på i de forskjellige delene av et prosjekt. Siden det som blir bygget er produsert etter modellen er det viktig at alle fag er på lik linje når kollisjonskontroller kjøres.

Et prosjekthotell er et verktøy som har flere bruksområder, i tillegg til å være et samlingspunkt for dokumenter, tegninger og modellen, er det også en god plattform for å kommunisere på tvers. En av respondentene forklarer det ved at "i prosjekthotellet har vi mulighet til å direkte henvende oss til aktuelle aktører hvis det er noe vi lurer på i henhold til deres tegninger". Respondentene føler at det bidrar til økt samhandling mellom involverte ved at man jobber innenfor tegninger eller modellen og reduserer muligheten for misforståelser. StreamBIM og Dalux er to programvarer som tilbyr prosjekthotellet som en tjeneste til prosjekt.

Covid-19 har ført til at bransjen måtte omstille seg og bruke kommunikasjonsverktøy til en større grad innad organisasjonen og prosjekter. Flere av respondentene refererer til økningen av videomøter gjennom for eksempel Microsoft Teams og Skype og nevner "hvordan situasjonen er nå ser man virkelig behovet for digitale verktøy bedre enn noen gang".

En del av arbeidet som gjøres er rapportering i form av timeregistrering, fraværsregistrering, HMS og KS. Før ble dette utført ved bruk av penn og papir, samt Excel, men er nå blitt erstattet ved bruk av systemer som tilbyr utførelsen av disse tjenestene digitalt. Respondentene nevner følgende

programvarer og systemer: Capitech, avvik.com, Infobric og SmartDok har endret entreprenørbransjen ved forenkling av enkelte arbeidsoppgaver. De tre først nevnte tilbyr en tjeneste, mens SmartDok har flere tjenester samlet inn under en programvare. En av respondentene anser " SmartDok som utførelsens sin måte å kommunisere inn til bedriften på", og viser at systemet skaper god synergi mellom forskjellige arbeidsoppgaver.

Ved ferdigstillelse av et prosjekt blir kommunikasjonen mellom entreprenør og sluttbrukere viktig med hensyn til henvendelser på reklamasjoner og avvik. Apex IT er et norsk selskap som tilbyr denne tjenesten på en mer effektiv måte enn ved, for eksempel, mail. Sluttbrukere kan enkelt melde inn reklamasjonsaker som blir direkte sendt til ansvarlig utførende som håndterer saken. Denne tjenesten tillater at henvendelsene er mer søkbare ved at all historikk blir samlet på et sted, som en informant beskriver:

Ettersom prosesser blir mer og mer digitalisert vil ting være mer søkbare og dermed lettere å finne ting på faste plasser. Ting blir arkivert og lagret slik at det er søkbart på en helt annen måte enn hvordan det tidligere har vært.

4.3 Muligheter for effektivisering av verdikjeden

4.3.1 utfordringer

Når et prosjekt skal gjennomføres er det viktig å fastslå tidlig i de forskjellige fasene hvilket nivå aktører helst skal legge seg på i henhold til hva hver enkelt skal levere, samt den overordnet produksjonen av et prosjekt. Respondentene har erfart leverandører og underentreprenører som ikke nødvendigvis er på likt nivå når det gjelder digitalisering. Dette skaper utfordringer for entreprenøren ved at det som leveres muligens ikke er på det nivået som er ønskelig og dermed kan resultere i usikkerheter. Som en totalentreprenør er det viktig å beslutte hvilke aktører som skal kontraheres med tanke på digitale verktøy og deres egen kompetanse. For å muliggjøre potensialet for bedrifter med mindre ressurser til å ta del i større prosjekter nevner en av respondentene:

Kanskje flere programmer skulle vært mer tilgjengeliggjort slik at bedrifter som ikke har like mye ressurser som store aktører har muligheten til å involvere seg på mer likt nivå.

Siden det er kommet så mange forskjellige verktøy som er tilgjengelige med ulike tjenester kan det skape en utfordring og noen vil kalle det et "gap" ved at verktøyene er spisset mot spesifikke

bruksområder, men at verktøyene ikke kommuniserer godt med hverandre. For at prosesser skal kunne automatiseres er første prioritet å få systemene til å snakke sammen. Dersom en del av en prosess stopper opp vil det påvirke resten av prosessen. Dette kan resultere i forsinkelser og tapte penger, noe som ønskes å unngå i prosjekter. En av respondentene forteller at dårlig kommunikasjon mellom systemer er en av grunnene til at kalkulasjonsverktøy ikke blir benyttet.

Vi velger å bruke penn, papir, kalkulator, og det beste verktøy av alt – hodet. I byggeprosjekter kan det oppstå uante hendelser, som ikke en programvare eller system kan ta hensyn til, men noe mennesker kan. Har derfor bestemt å ikke gå bort fra den grunnleggende biten med å bruke hodet våres.

I de tilfellene når en kalkulator utvikler en 3D-modell blir den som regel ikke tatt med videre i påfølgende faser, men er ønskelig for å opprettholde flyten i entreprenørens verdikjede. Dette kan være utfordrende i og med at det kommer inn nye aktører i form av fagrådgivere som begynner fra bunn av med en ny modell fordi de vil ha eierskap til egen modell og kjenne detaljene i hvordan modellen er bygget opp. Den modellen som en kalkulator utvikler behøver ikke å forkastes, men kan heller brukes som en kontroll i påfølgende faser.

4.3.2 Digitaliseringens muligheter og potensial

Byggebransjen har mangel på teknologiutvikling som rettes mot medarbeidernes sikkerhet. Siden byggebransjen faktisk er en bransje der folk mister livet sitt på jobb på grunn av uante hendelser er det svært viktig å ha fokus på HMS. Dette er en prioritet nå til dags, men som har potensialet til å forbedre seg ved bruk av teknologi:

Tror det er mulig å lage løsninger som hindrer situasjoner hvor ansatte kan miste livet, dette ligger nok godt fram i tid, men vil tro at bransjen kommer til å se noe til denne utviklingen. Hvis en selvkjørende bil klarer å oppfatte fare, hvorfor skal ikke en hjelm klare å oppfatte faresituasjoner på en byggeplass?

Dersom denne teknologien hadde blitt ordentlig utviklet skaper det et forbedringspotensial for HMS arbeidet som foregår i byggeprosjekter. Respondenten forteller at det forhåpentligvis vil bidra til å redusere ulykker som kan forekomme på byggeplasser.

En effekt av BIM-modellen som ikke er i særlig grad brukt enda, men som ligger latent, er at det skaper et godt grunnlag for miljøsertifisering. Når en modell er prosjektert digitalt så har man en

oversikt over alle valgte materialer, stofftyper og stoffmengder. Det gir et godt grunnlag for miljøsertifisering, type BREEAM, som ikke var like tilgjengelig tidligere. En av respondentene forteller at "tidligere ville denne prosessen være mer tidkrevende og manuell, men nå er det mulighet for å hente den nødvendige informasjonen direkte ut av modellen". I tillegg til miljøsertifisering gir en BIM-modell stort potensial for sirkulær økonomi, dersom den blir ivaretatt og oppdatert i tråd med eventuelle oppdateringer av et bygg. Med en oppdatert modell i det øyeblikket et bygg skal tas fra hverandre, er en oversikt over materialer, stoffer, volumer og generelt egenskaper, som et bygg representerer, tilgjengelig. Denne oversikten vil være verdifull til å brukes i sirkulær økonomi.

Det viser seg at alle fasene i en entreprenørs verdikjede har blitt digitalisert og kan videre digitaliseres, men spørsmålet ligger i hvor smart det er for bedriften i forhold til et kost-nytte perspektiv. Respondentene formidler viktigheten av at bransjen ikke kommer til et punkt hvor den er fullstendig avhengig av teknologi, for i bunn og grunn er det mennesker som sitter igjen med erfaringer og som kan finne løsninger til problemer. Det ble understreket at "det er viktig at bransjen ikke blir diktert av et system, men at vi dikteres av prosessene og de gevinstene prosessene gir oss". Dette er viktig å ta i betraktning ettersom det er prosessene som er ønskelig å effektivisere og for å kunne oppnå dette på best mulig måte lønner det seg å bruke tid på å finne korrekt verktøy som gir den beste gevinsten.

Byggebransjen kan være uforutsigbar ved at det kan oppstå situasjoner som ikke er oppdaget i tidligere undersøkelser. Som oftest er disse situasjonene best løst av erfarne mennesker. Den menneskelige faktoren og ekspertisen til individuelle er vanskelig å utkonkurrere med teknologi, en av informantene understreker at "ansattes kompetanse er det beste verktøyet som tilføyes i prosjekt". Arbeidsoppgaver hvor mennesker er blitt utkonkurrert, er oppgaver som er standardiserte, repetitive og som kan modelleres matematisk. En arbeidsoppgave som er komplisert og ikke frekvent repetitiv har ikke, enda, blitt erstattet med et digitalt verktøy eller maskin. En respondent forteller:

Store deler av verdikjeden har muligheten til å digitaliseres, men vi kommer nok ikke unna med det menneskelige behov. Byggebransjen er av en sånn grad avhengig av mennesker som tenker selv når ting skjer. Når kunstig intelligens blir såpass utviklet og tilpasset byggebransjen er det mulighet for at mer komplekse oppgaver kan erstattes med teknologien.

Når en problemstilling blir komplisert nok tydes det som at det er mennesker som kan håndtere det. Kunstig intelligens er en digital løsning som skal utvikle intelligente maskiner som skal fungere like

godt som mennesker. Teknologien byr på mange muligheter, men ut ifra respondentene er ikke teknologien blitt moden nok for å kunne effektivt brukes i prosjekter. Det krever en del utprøving og det er "ønskelig å være sikker på den teknologien som settes ut faktisk fungerer".

De siste årene har byggebransjen opplevd en enorm utvikling innen digitalisering og det er ikke til å unngå at denne utviklingsforløpet vil fortsette. Hvordan dette vil skje i forhold til tid og til hvilken grad det gjennomføres på er vanskelig å si, en av respondentene forteller:

Det teknologiske skiftet skjer nok ikke like fort som vi tror den vil gjøre. Om to til tre år vil bransjen se relativt likt ut, men oppgaver vil bli effektivisert på grunn av digitalisering. Derimot hvordan bransjen ser ut om 10-15 år er mer krevende å forutsi, det vil være annerledes, men vanskelig å si nøyaktig hva som vil være endret.

5. DISKUSJON

Dette kapitlet bruker litteraturen som er presentert i kapittel 3, Teori, for å diskutere funnene fra den empiriske datainnsamlingen presentert i kapittel 4, Resultater. Innholdet i kapitlet baserer seg på forfatteren sine oppfatninger og tolkninger. Strukturen på kapitlet bruker samme struktur som kapittel 4.

5.1 Digitaliserings påvirkning

Følgende delkapittel diskuterer de relevante funnene til forskningsspørsmål 1: *Hvordan har digitalisering endret og påvirket entreprenørens verdikjede?*

Schober (2016) nevner at digitalisering har forskjellige aspekter knyttet til seg, men at i grunn handler det om hvordan virksomheter benytter seg av samlede systemer på tvers av leddene i en verdikjede. Disse systemene har endret seg ved bruk av verktøy og arbeidsprosesser som baserer seg på informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Det kan diskuteres at disse to teknologiene kan ansees som drivere for digitalisering i byggebransjen. Fra informantenes meninger kommer det frem at informasjon og kommunikasjon er to viktige faktorer som påvirker et prosjekt. Det kan dermed tydes at informasjons- og kommunikasjonsverktøy bidrar til å effektivisere arbeidsprosesser som kan være med på å øke produktiviteten i bygg- og anleggsnæringen videre. Det kan diskuteres at dersom Ahmad et al. (2020) utvider aktiviteter, koblet til digitalisering i byggenæringen, ytterligere kan det muligens vise en større økning i produktiviteten.

For at virksomheten blir ytterligere påvirket kan det argumenteres at støtte fra organisasjoner, foreninger, samt departementer bidrar til økt bruk av digitalisering. Digitalisering har blitt et viktig tema for menneskelige virksomheter som bidrar til samfunnsutvikling og med støtte fra organisasjoner kan det være lettere å ta del i det digitale skiftet. BNL (2017) og Kommunal- og Moderniseringsdepartementet (2019) viser sin støtte til digitalisering og dens muligheter. Dette kan dermed være et bidrag for at den norske byggenæringen tar del i det digitale skiftet.

5.1.1 Tid og kostnad

Renz og Solas (2016) og Aga (2016) nevner at digitale løsninger kan bidra til å redusere tiden på et byggeprosjekt med 30 prosent og en reduksjon på totale kostnader med 15 prosent. Dette understreker gevinstene entreprenører kan hente ved bruk av digitale verktøy. Informantene nevner at de erfarer endringer i arbeidsoppgaver og -prosesser som har ført til økt produktivitet.

Selv om digitalisering kan bidra til reduksjoner i tid og kostnader (Renz og Solas, 2016; Aga, 2016), er det verdt å bemerke at implementeringen av ny teknologi vil kreve forpliktelse fra organisasjonen. Respondentene nevner at det settes opp kurs for opplæring av de aktuelle verktøyene, som er både tidskrevende og kostnadsdrivende. Dette kan derimot anses som nødvendig om entreprenører ønsker å oppnå en langvarig gevinst. NHO (2018) nevner at teknologier gir muligheter for endring. Det kan da diskuteres at ansatte må ha muligheten til å lære seg hvordan å anvende teknologien i arbeidshverdagen før entreprenører kan oppnå langvarige gevinster i ulike deler i verdikjeden, knyttet til teknologien.

Tilgjengeligheten for sanntidsinformasjon vil også ha en innvirkning på en entreprenørs verdikjede. Rasmussen (2018) nevner at tilgangen til informasjon i sanntid har bidratt til at komponenter i et prosjekt blir bygget korrekt, slik at forsinkelser ved gjennomoppretting unngås. En av informantene forteller at det er hørt om tilfeller i byggebransjen der deler av et prosjekt er bygget feil siden de nyeste tegningene ikke har vært tilgjengelige. Med dette kan det diskuteres at tilgjengeligheten av sanntidstegninger er viktig for utførelsen av byggeprosjekter. Det kan bidra til å unngå økte kostnader og forsinkelser i prosjektet.

For å oppnå gevinstene digitalisering muliggjør, må tid og kostnader forvaltes korrekt. Når digitale løsninger blir innført er det viktig for entreprenører å spørre seg om løsningen vil ha et positivt kost-nytte forhold. Kost-knytte perspektivet kan være vanskelig å besvare da det kan være utfordrende å forutsi hvordan påvirkning vil ha på verdikjeden til entreprenøren og deres fremtidige prosjekter. Renz og Solas (2016) og Aga (2016) sine tall spår en positiv innvirkning, men det er viktig å poengtere at tallene kan vurderes som positiv dersom reduksjonen av kostnadene og tiden er forvaltet på en forsvarlig måte. Hvis tiden og kostnaden ikke er forvaltet på en effektiv måte vil det ikke nødvendigvis gi et positivt utslag.

5.1.2 Samhandling, kommunikasjon og forståelse

Hjertholm (2019) påpeker at samhandling er en handling mellom to eller flere aktører. I byggeprosjekter blir aktører kontrahert på ulike tidspunkter, men fra det punktet de er kontrahert utvikles begynnelsen av et samarbeid.

Schober (2016) nevner at kommunikasjonsteknologi har muliggjort informasjonsdeling, som kan sees til å bidra til å forbedre samhandling og kommunikasjon mellom aktuelle aktører. Digitale verktøy som BIM og Microsoft Teams har bidratt til å øke samhandlingen og danne bedre

kommunikasjonsflyt blant aktører, som gjør det mulig å skape bedre resultater. Noe respondentene gjenkjenner seg i. Det kan argumenteres at dette er mulig ved bruk av skybaserte løsninger slik at informasjonen er alltid tilgjengelig. Når informasjon er tilgjengelig blir sporbarheten av informasjonen mer effektiv. En av respondentene forteller at "det er lettere å finne tilbake til påstander, beslutninger og avgjørelser som er blitt notert i tidligere møterefater". Dette kan da avklare forventninger til prosjekter mellom involverte parter. En annen fordel er at teknologien tillater tilgang til informasjon fra forskjellige geografiske plasser. En respondent påpeker muligheten til å samarbeide med spesialrådgivere som befinner seg et annet sted enn der et prosjekt holder til. Teknologien tillater større muligheter for samarbeid mellom aktører som ikke befinner seg på samme sted.

I intervjuene kommer det frem at det finnes veldig mange forskjellige plattformer som tilbyr tjenester innen samhandling og kommunikasjon. Dersom bedrifter benytter seg av flere plattformer kan det argumenteres å skape demotivasjon hos ansatte siden det blir mange verktøy som de må forholde seg til, og kan dermed ha en negativ påvirkning på samhandlingen. For å unngå dette er det nødvendig å få frem hensiktene med verktøyene og skape en forståelse for hvorfor det innføres, samt hvordan det skal bidra til å endre arbeidsprosesser. Hjertholm (2019) påpeker at digitale verktøy bidrar ikke nødvendigvis til bedre samhandling og at det er viktig at prosessene og arbeidsmåtene blir endret for at verktøyene skal få en effekt.

For at verdikjeden til en entreprenør skal kunne realiseres, spiller kundene en stor del, ettersom det er de som bestiller og gir mulighetene for jobber. Det er derfor viktig at deres forventninger, behov og forståelse blir innfridd. Personer som har interesse for byggeprosjekter, men som ikke har den tekniske forståelsen har fått muligheten gjennom digitale verktøy for å få et nytt perspektiv på sluttproduktet entreprenøren leverer. Presentasjon av prosjekt kan visualiseres på en helt annen måte som bidrar med å utvikle en annerledes kundeopplevelse, et eksempel er å presentere det ved bruk av 3D modellen, istedenfor 2D tegninger. Kunder har da mulighet til å manøvrere seg gjennom bygget og få en annen forståelse for omgivelsene. En av informantene forteller at dette er utprøvd med saksbehandlere og har vist seg å være fordelaktig siden visualiseringen skaper en forståelse av hvordan et prosjekt blir sendt ut opp mot nærliggende omgivelser.

5.1.3 Risiko og kvalitet

Oesterreich (2016) nevner at koblingen mellom risiko og kvalitet er blitt påvirket ved bruk av digitale løsninger. Han påpeker spesielt at en digital modell, i de fleste tilfeller en BIM modell, har

bidratt til å øke kvaliteten på et prosjekt ved at risikoen for feilbygging har blitt redusert. Denne risikoen blir redusert ved at modellen er sammensatt av alle aktuelle aktører for et prosjekt, noe respondentene gjenkjenner seg i.

For en entreprenør er det viktig at alle aktører har lik forståelse av prosjektet. For å sikre dette gjennomføres det en kollisjonskontroll som sikrer arbeidskvaliteten gjennom alle prosjektfaser. En av respondentene forteller at med en BIM modell har det gitt muligheten til å bestemme hvilket nivå modellen skal ligge på i de forskjellige fasene av et prosjekt. Kvaliteten til modellen er viktig siden det må oppfylle bestemte krav. Det er ønskelig å oppnå likt ferdighetsnivå slik at arbeidsprosessene kan fortsette uten stor usikkerhet og risiko. Når en modell oppnår et bestemt ferdighetsnivå kan feltarbeidere stole på modellen, og dermed unngå å måtte utføre kontroller på tvers av leddene. Det kan anses til å bidra med å sikre kvalitet og redusere risiko.

Store deler av arbeidet til entreprenør er HMS arbeid, noe som er essensielt å ha god kontroll over for å unngå risiko for fatale arbeidsulykker. For å videreutvikle HMS arbeidet er det utviklet teknologi som kan endre måten entreprenører utfører sin opplæring for arbeidere. Getuli et al. (2020) forteller at VR-teknologien bidrar til opplæring innen sikkerhet gjennom et risikofritt virtuelt miljø. Bruk av VR har åpnet potensialet for å eksponere arbeidere til potensielle farer på byggeplassene ved bruk av en virtuell verden. Ved å eksponere til mulige farer kan det bidra til å redusere at risikoen faktisk skjer på byggeplassen.

5.1.4 Endringer i bedrifter

Digitalisering og bruk av digitale verktøy vil endre organisasjonen og arbeidsprosesser (Kaufmann, Ruaux og Jacob, 2018). Dette kan tyde til at det er et behov for nye roller med spisset kompetanse innen spesifikke digitale verktøy. Dette kommer frem fra en av informantene som beskrev hvordan bedriften har opprettet en ny prosjektgruppe som spesialiserer på modellering i tidlig fase. Det verktøyet som har skapt størst endringer innad bedrifter er BIM, som støttes av både informanter og forskere som Dallasega et al. (2018) og Uhm et al. (2017). Det er en markant økning av prosjekter som benytter seg av BIM som har resultert etter en økt etterspørsel av dyktige fagfolk som spisser seg mot BIM (Uhm, Lee og Jeon, 2017). Denne etterspørselen har ført til nye roller som er direkte knyttet opp mot BIM, en av informantene nevner at BIM koordinator er en ny rolle i bedriften.

I tillegg til nye roller, har det blitt viktig for ansatte å forstå mulighetene digitalisering tilbyr og dens påvirkning på arbeidsdagen, samt å tilegne seg digital kompetanse. Dette fører til at entreprenører

må tilrettelegge kompetanseheving ved å høste en digital kultur innad i bedriften, som informantene sikter til ved opplæringer. Bråthen et al. (2016) nevner at opplæring er nødvendig for å utvide kompetansen blant digitale verktøy, slik at det ansatte forstår hvordan verktøyene skal brukes i hverdagen til deres nytte. Dette har ført til en videreutdanning, hvor BIM er et område hvor folk kan spesialisere seg i.

Det digitale skiftet har brakt fram nye bedrifter som profilerer seg som nisjebedrifter som spesialiserer seg innen bestemte digitale verktøy. Det er ikke alle tjenester som er gunstig for en entreprenør å administrere selv siden det blir benyttet i korte perioder. Ved å utnytte seg av eksterne nisjebedrifter har entreprenøren mulighet til å utføre kvalitetskontroller, få ny innsikt av prosjekt, samt spare tid. Dette bidrar til å effektivisere deres verdikjede. Informantene nevner norske selskaper som Spacemaker AI, Imerso og CHECKD tilbyr forskjellige tjenester som entreprenører kan benytte seg av i ulike faser av et prosjekt. Blanco (2017) nevner at nisjebedriftene tilbyr avanserte programvare tjenester, konstruksjonsfokusert maskinvarer og analysefunksjoner som bidrar til å redusere, og i noen tilfeller eliminere, problemer som har utfordret byggebransjen.

5.2 Digitale verktøy i entreprenørens verdikjede

Følgende delkapittel diskuterer de relevante funnene til forskningsspørsmål 2: *Hvilke digitale verktøy benyttes i de ulike fasene til en entreprenørs verdikjede?*

5.2.1 Entreprenørens verdikjede

Christopher (2011) beskriver et byggeprosjekts verdikjede som et nettverk koblet sammen i forskjellige prosesser som resulterer i å skape verdi i form av et produkt. Etter samtaler med respondentene kommer det frem at deres verdikjede er bygget opp på lik måte. Verdikjeden inkluderer ulike aktører som er koblet sammen basert på ulike forhold, men som samtidig jobber sammen for å produsere et endelig produkt som leveres til en kunde. Det kommer også tydelig fram at verdikjeden til en entreprenør vil være avhengig av type entrepriseform siden deres involvering vil være avhengig av den bestemte formen.

De ulike respondentene forteller at de har opplevd at digitalisering har alltid vært tilstede i løpet av deres erfaring innen byggenæringen, men at det har utviklet seg til å bli noe større som flere satser på. Digitalisering er et satsningsområde for mange entreprenører men omfanget avhenger av størrelsen til bedriften og i forhold til hvilket nivå de opererer på, lokalt, regionalt eller nasjonalt. Dette kommer tydelig frem fra informantene fra en lokal entreprenør sammenlignet til de som jobber

hos en nasjonal entreprenør. Entreprenører på et nasjonalt nivå kan få større press fra eksterne som regjeringen og ulike departementer. Dette kan bidra til at digitalisering blir bedre forankret hos toppledelsen i konsernet.

Visse verktøy er blitt såpass godt integrerte inn i arbeidsprosessene at de ikke regnes med som et digitalt verktøy eller løsning, men heller ansees som en standard i bransjen. Noen entreprenører velger å ta et digitalt steg fremover og satse videre på digitale verktøy for å hente inn flere gevinster som kan gagne deres verdikjede, enten helhetlig eller deler av den.

En stor del av entreprenørens verdikjede er kommunikasjon og samhandling innad fasene, samt på tvers av fasene. Det er tydelig at flere benytter seg til digitale verktøy for å kommunisere med hverandre. Det viser seg at kommunikasjonsverktøy har vært avgjørende for entreprenører med tanke på dagens situasjon, Covid-19. Aktører har blitt tvunget til å samles på alternative måter for å kunne effektivt gjennomføre prosjekter, respondentene forteller at Skype og Microsoft Teams har vært brukt og at det har vist behovet for digitale verktøy.

5.2.2 Kalkulasjon

Ut ifra intervjuene kommer det tydelig frem at store deler av hverdagen til en kalkulator består av digitale verktøy. De digitale verktøyene hjelper å samle informasjon som skal brukes i påfølgende faser og flere av respondentene nevner at dette har blitt mye lettere enn hvordan det var før. Det kan tenkes at informasjon, før digitale løsninger, var preget av manuelle prosesser.

En BIM modell blir først introdusert i entreprenørens verdikjede i løpet av kalkulasjon, og ifølge Eastman et al. (2008) er en presis og virtuell modell som er digitalt konstruert. Omfanget av en BIM modell er avhengig av grunnlaget som er gitt av arkitekt. Det tyder at videre arbeidet en kalkulator skal gjøre er påvirket av detaljnivået og filformatet arkitekter leverer. En kalkulator bruker tegningene for å bygge opp en modell, dersom arkitekten leverer PDF tegninger vil det føre til at en kalkulator må bruke lengre tid på å bygge opp modellen for videre arbeid. Det kommer fra intervjuene at arkitektene leverer som oftest en 3D-modell som til stor grad kan benyttes direkte med uttak av mengder. Det kan hende at detaljnivået til modellen er noe varierende slik at kalkulatoren utvikler modellen til sitt ønsket nivå.

Med grunnlaget fra arkitekt er oppgaven til kalkulatoren å prise et prosjekt basert på mengdeuttak og kalkylen bestående av tilhørende mengder. For å gjøre dette effektivt benyttes det en

programvare som tilbyr tjenesten å ta ut mengder, samt beregne på disse mengdene. Denne teknologien har blitt brukt en stund, men en av respondentene påpeker at nivået på programvaren er utviklet til et nivå der den kan brukes effektivt med liten usikkerhet. Det tydes at teknologien er stadig under utvikling for forbedring slik at kvaliteten på dataen er pålitelig og kan brukes videre i prosjekteringsarbeidet.

Når et prosjekt går over til prosjekteringsfasen er det sjeldent at modellen utviklet i kalkulasjon følger videre siden det kommer inn nye aktører som ønsker å utvikle egen modell fra bunn av som respondentene formidler. Det kan diskuteres hvor effektivt dette er med tanke på omfanget å utvikle en egen modell på nytt. Respondentene uttrykker at det skaper en flaskehals i deres verdikjede, men at modellen kan brukes som kontroll ute i prosjektene. Det kan diskuteres at det er mulig å bruke den utviklede modellen som et grunnlag for fremtidige prosjekter, for å kontrollere om arbeidet gjort i kalkulasjon stemmer overens med sluttproduktet. Dersom det viser seg at det er store avvik kan entreprenøren finne ut hvor det er mulighet å forbedre seg for å redusere avvik i denne fasen.

En av respondentene argumenterer at kalkulasjon er best gjort ved hoderegning og derfor benytter seg ikke av kalkuleringsverktøy. Deres hovedområde er innen anleggsvirksomheten der de jobber med grunnforhold og struktur. Det er mye av dette som en programvare ikke kan ta hensyn til forteller respondenten, men noe mennesker har mulighet til. Til tross for at denne fasen tar lengre tid enn den hadde gjort ved bruk av verktøy er det bestemt å bruke penn, papir, kalkulator og hode fordi det som blir beregnet er mer korrekt som vil være fordelaktig i prosjektet. Det kan tyde at størrelse på bedrift, prosjektomfang og fokusområde har en relevans på hvilke verktøy som innføres. Det er ulike forutsetninger for bygg og anleggsbaserte prosjekter, som noen teknologier kan ta til høyde for, men ikke i alle tilfeller. Det kan diskuteres at det er viktig å vurdere om det er noe verdi å hente inn ved bruk av mengdeberegning og kalkulasjonsverktøy

Alaloul et al. (2018) sitt kart skiller ikke mellom kalkulasjon og prosjektering. Det kan tydes at de digitale verktøyene som Alaloul et al. (2018) nevner er mer siktet mot prosjekteringsfasen. Kartet viser seg å være mer generelt og overordnet, og det kan argumenteres at teknologiene Alaloul et al. (2018) nevner er knyttet opp mot Industri 4.0 sitt perspektiv på byggebransjen. Fra resultatene er det tydelig at det brukes flere spesifikke verktøy knyttet opp mot kalkulasjon, enn det Alaloul et al. (2018) nevner. Det er viktig å påpeke at det de digitale verktøyene som innføres tidlig i verdikjeden legger grunnlaget for videre arbeid i prosjekteringsfasen.

5.2.3 Prosjektering

Når prosjektet når prosjekteringsfasen blir tekniske rådgivere av forskjellige fag kontrahert inn og blir en del av prosjektteamet. Azhar (2011) påpeker at BIM modellen bistår involverte parter til å visualisere det som skal bygges gjennom et simulert miljø. Når de tekniske rådgiverne involveres lager de sin egen modell med tilhørende fag som i etterkant blir sammensatt til en felles BIM modell som tillater visualisering av det digitale produktet.

BIM legger til rette for bedre samarbeid og kommunikasjon mellom involverte parter, Bråthen et al. (2016) forteller at tverrfaglig dialog og samarbeid er en mulighet som BIM realiserer. Ifølge respondentene er det lettere å kommunisere tverrfaglig ved bruk av modellen siden den inneholder informasjon knyttet til prosjektet. Bråthen et al. (2016) nevner også at det finnes potensial som ikke er utnyttet til det fulleste og hentyder til informasjonsflyten mellom aktører. Det viser seg at det er nye prosesser som sikrer potensialet blir i større grad utnyttet, eksempelvis VDC prosessen som en av respondentene kunne fortelle om.

VDC har endret arbeidsprosessen og samhandling mellom flere aktører. Den har i større grad tillatt muligheten for å parallellisere arbeidsoppgaver. Luth (2011) presenterer at VDC bruker BIM modellen til å legge til rette for enklere kommunikasjon og koordinering, samt andre funksjoner, mellom aktører. Dette støttes også fra en av respondentene og ser at det forbedrer samhandling og kommunikasjon mellom involverte parter.

Det kan sies at BIM blir nå betraktet som et standard verktøy i prosjekteringsfasen. Dette har ført til at det er mulig å benytte andre digitale verktøy, der VR er et eksempel. Karp (2019) forteller at VR teknologi gir brukeren muligheten til å oppleve en illusjon av tilstedeværelse i virtuelle omgivelser. Respondentene kunne fortelle at VR prøves ut i prosjekteringsmøter slik at aktuelle aktører kan erfare prosjektet fra et annet perspektiv. Dette kan bidra til at aktører får en bedre forståelse av prosjektet og dermed kan føre til mer fruktbare diskusjoner og beslutninger. Dette støttes av Woksepp og Olofsson (2008) ved at deltakere kan navigere i sanntid og videre utforske, samt betrakte, alternativer til det som prosjekteres.

Når nye aktører involveres er det nødvendig å håndtere mer informasjon og for å gjøre dette så effektivt som mulig har det vist seg å være fordelaktig å samle det på ett sted. Dette støttes av flere av respondentene. Entreprenører benytter seg av et skybasert verktøy som de kaller prosjekthotell der all informasjon, i form av dokumenter, tegninger og modellen er samlet på ett sted. En fordel

som viser seg er at informasjonsdelingen på tvers av aktører og prosjektfaser er blitt forenklet, og at alle involverte har samme informasjon. Dette kan føre til færre misforståelser mellom partene.

5.2.4 Produksjon

I produksjon blir all informasjon fra tidligere faser benyttet, noe som tilsies at BIM modellen videreføres til denne fasen. BIM modellen går fra å være et verktøy som utvikler en digital modell til å være et informasjonsverktøy som bygningsarbeidere bruker for utførelse. Tidligere har en BIM modell vært for det meste brukt i prosjekteringsfasen, men det har blitt mer tilgjengelig i produksjon gjennom projekthotellet ved bruk av håndholdte gjenstander, eksempelvis smarttelefoner og nettbrett. I intervjuene kommer det frem at tilgjengeligheten til modellen og tegninger i sanntid bidrar til å redusere misforståelser og feiltagelser, noe Oesterreich (2016) støtter også.

En annen fordel med å ha BIM modellen tilgjengelig i produksjonsfasen er at det er lettere å kontrollere det som er blitt bygget opp mot den prosjekterte modellen, som kan antydes at kvaliteten til et prosjekt økes. En digital løsning som bistår med kontroll er 3D skanning, som samsvarer med Alaloul et al. (2018). Wang et al. (2020) uttrykker at denne løsningen gjør at det er mulig å skaffe presis geometrisk informasjon av et bygg. Informasjonen kan deretter sammenlignes med BIM modellen hvor avvik kan oppdages raskere. Det redegjøres fra intervjuene at denne tjenesten tilbys til entreprenører av eksterne bedrifter og blir støttet opp av Bakken (2018). Det tyder at tjenesten gir merverdi til et prosjekt, men kan diskuteres at gevinsten vil være avhengig av et prosjekts størrelse.

Droner er generelt forbundet med bilder og videoer, men det viser seg at bruksområdet er mye bredere og det tydes å være et godt digitalt verktøy for byggeprosjekter. Zaychenko et al. (2018) forteller at droner kan bli brukt til landmåling, inspeksjoner, overvåking av fremdrift, sikkerhetskontroll og generell kartlegging. Gjennom intervjuene viser det seg at bruksområdene av droner samsvarer til en viss grad med Zaychenko et al. (2018) og dermed synliggjør at bruksområdet er utvidet. Droner har muliggjort inspeksjoner som tidligere ikke har vært mulig å utføre på grunn av manglende utstyr, noe en respondent uttrykker. Det kan dermed tydes at droneteknologi kan bidra til å redusere risiko og øke effektiviteten ved å fullføre, eksempelvis, inspeksjoner som før var ressurskrevende.

I produksjon finnes det andre arbeidsoppgaver som kan automatiseres for å bistå å effektivisere denne fasen. Det viser seg at oppgavene som undergår automatisering er som oftest enkle, repetitive

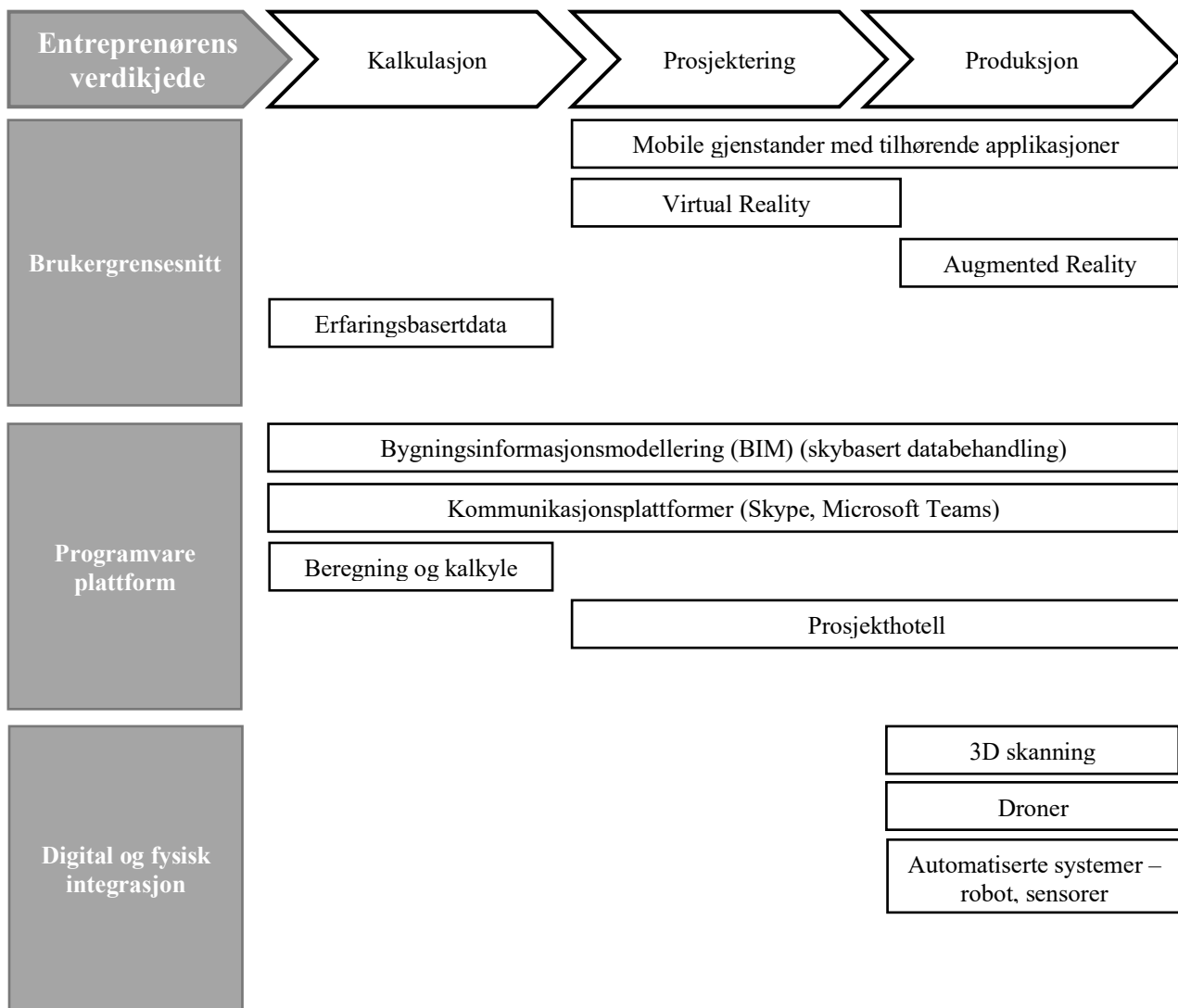
og kan programmeres å følge et bestemt mønster. En av respondentene forteller hvordan det er utviklet et system som automatisk følger med på avfall uten noe form for menneskelig kontroll. Dette viser at entreprenøren ser en gevinst av å endre arbeidsprosesser som resulterer til bedre forvaltning av ressurser. Det er også mulig å se gevinster ved digitale verktøy som kobles opp mot HMS arbeid i prosjekter. Salehi og Burgueño (2018) forteller at kunstig intelligens benyttes for å etterligne intelligent menneskelig atferd og det kan tydes at det er enkelte arbeidsoppgaver som kan dra nytte av kunstig intelligens. Automatisering av tunge konstruksjonsoppgaver, som for eksempel borrhobot som er nevnt fra en av respondentene, som erstatter menneskelig arbeidskraft er et eksempel på kunstig intelligens. Denne arbeidsoppgaven kan være spesielt skadelig mot kroppen og ved å bruke denne digitale løsningen kan bygningsarbeidere fokusere på andre oppgaver som er mer utfordrende å erstatte med digitale løsninger.

I løpet av produksjonsfasen er det forskjellige oppgaver, i form av HMS befaringer, kvalitetssjekk, registreringer, som er nødvendige å gjennomføre for å ha kontroll på prosjektet og dens fremgang. Det viser seg, fra intervjuene, at tidligere ble disse oppgavene gjennomført med penn og papir, samt Excel, som kan tyde å være tungvint og ineffektivt. Entreprenører benytter seg nå av digitale systemer som løser disse oppgavene på en mer effektiv måte og tilgjengeliggjøre informasjonen slik at samarbeidet mellom aktører blir mer sømløst.

Alaloul et al. (2018) presenterer at i løpet av produksjonsfasen går VR teknologien over til AR teknologi, og dette samsvarer med det enkelte respondenter forteller i intervjuene. VR teknologien har ikke like stor betydning i produksjon som i tidligere faser siden det er kommet til det punktet der det ikke behøver visualisering av prosjektet. AR teknologien er heller mer relevant i produksjon på grunn av kombineringsen av den virkelige verden med et digitale filter, som Sekse og Emborg (2018) påpeker.

5.2.5 Digitale verktøy gjennom verdikjeden

Ved bruk av resultatene fra intervjuene har forfatteren utviklet et kart, inspirert av Alaloul et al. (2018), som kartlegger de forskjellige digitale verktøyene som blir brukt i de forskjellige fasene i en entreprenørs verdikjede, se figur 12. Kartet kan også sees i Vedlegg 2. Kartet til Alaloul et al. (2018) viser en mer generell oppfatning av hovedteknologiene, benyttet i byggebransjen, som er knyttet opp mot Industri 4.0. Når den sammenlignes med forfatterens egenkomponerte kart er det tydelig at entreprenører benytter seg av flere digitale verktøy i løpet av deres verdikjede.



Figur 12: Kart av digitale verktøy (utviklet av forfatter)

Når entreprenører vurderer hvilke digitale verktøy som skal implementeres i deres verdikjede er det viktig å forstå balansen på effektiv bruk av digitalisering. En respondent forteller at det er viktig å betrakte hvordan prosessene blir endret ved digitalisering siden det er prosessene som skal diktere hverdagen og ikke de digitale verktøyene som blir implementert. Dersom bedrifter påtar seg for mye digitale verktøy kan det skape en ugunstig påvirkning som ikke bidrar med merverdi. Det kan heller bli sett på som en byrde i istedenfor en ressurs.

5.3 Muligheter for effektivisering av verdikjeden

Følgende delkapittel diskuterer de relevante funnene til forskningsspørsmål 3: *Hvilke digitale muligheter kan bidra til å effektivisere verdikjeden?* Samt diskuterer utfordringene som knyttes opp mot digitale verktøy i entreprenørens verdikjede.

5.3.1 Utfordringer

Identifisering av utfordringer knyttet til digitale verktøy synliggjør mulighetene til å videre effektivisere verdikjeden og derfor anses som viktig å fremheves i diskusjonen.

Gerbert et al. (2016) hevder at byggebransjen har vært treig med å implementere nye teknologier og har ikke opplevd en stor skiftning som har krevd en transformasjon. Det kan være en forklaring på hvorfor aktører i bransjen er på ulike stadier ved implementering av digitalisering, som en respondent uttrykker. Fra intervjuene viser det seg at ikke alle leverandører og underentreprenører ligger på det digitale nivået som er ønskelig hos en entreprenør. Kontraherte aktører som ligger på et lavere digitalt nivå, enn entreprenøren og andre aktører, kan slite med å levere på likt nivå siden de opplever begrensninger på det digitale nivået. Det kan diskuteres at entreprenøren må selv ta den risikoen å kontrahere aktører som stiller på et lavere digitalt nivå. Det tyder at dette er ofte tilfellet med underentreprenører som har færre ressurser, og det kan diskuteres om det skulle vært en mulighet å tilgjengeliggjøre digitale verktøy som er blitt en standard i bransjen. En totalentreprenør har mye makt og ansvar gjennom et prosjekt og har derfor mulighet til å legge føringer og forventninger til kontraherte parter tidlig i prosjektet. Dette kan resultere med at leverandører og underentreprenører øker sine ressurser og digitale satsinger for å kunne være med å konkurrere i prosjekter.

Gjennom intervjuene kommer det frem at det finnes mange forskjellige programvarer og systemer som blir brukt gjennom de ulike fasene, men at det oppleves at systemene ikke kommuniserer godt sammen som resulterer i dårlig synergi. Dette virker som det gjelder spesielt for de systemene som profilerer seg i én retning. En entreprenør som benytter seg av disse systemene bør identifisere behovene sine og vurdere å heller satse på systemer som inneholder flere funksjoner. En av respondentene uttrykker at en programvare som inneholder flere tjenester bidrar til å danne god synergi mellom forskjellige arbeidsoppgaver. Det er også mulighet å investere i systemene og få de integrert på den måten som er ønskelig, men da burde kost-nytte forholdet vurderes.

En større utfordring ved digitalisering er at aktører ikke aksepterer det digitale skiftet. NHO (2018) forteller at digitalisering vil ha en påvirkning på måten mennesker jobber på. Det kan derfor diskuteres at når noe nytt innføres er det essensielt å få frem hvorfor det implementeres samt hvordan det skal gi en gevinst til bedriften. Det kan sies at byggenæringen ikke har opplevd noe drastisk som har nødvendigvis måttet endret arbeidsprosessene, som andre næringer har. Digitalisering har blitt aktuelt i byggenæringen ved at det er blitt satt fokus på det av interesse og ikke nødvendigvis av nødvendighet. Det finnes mange som har vært del av byggebransjen i flere år og erfart at det er mulig å utføre uten hjelp av digitale verktøy, som en av respondentene tyder til. Det kan erfares at disse er motvillige til endring og er derfor viktig å bruke tid på å forklare hvorfor.

5.3.2 Digitaliseringens muligheter og potensial

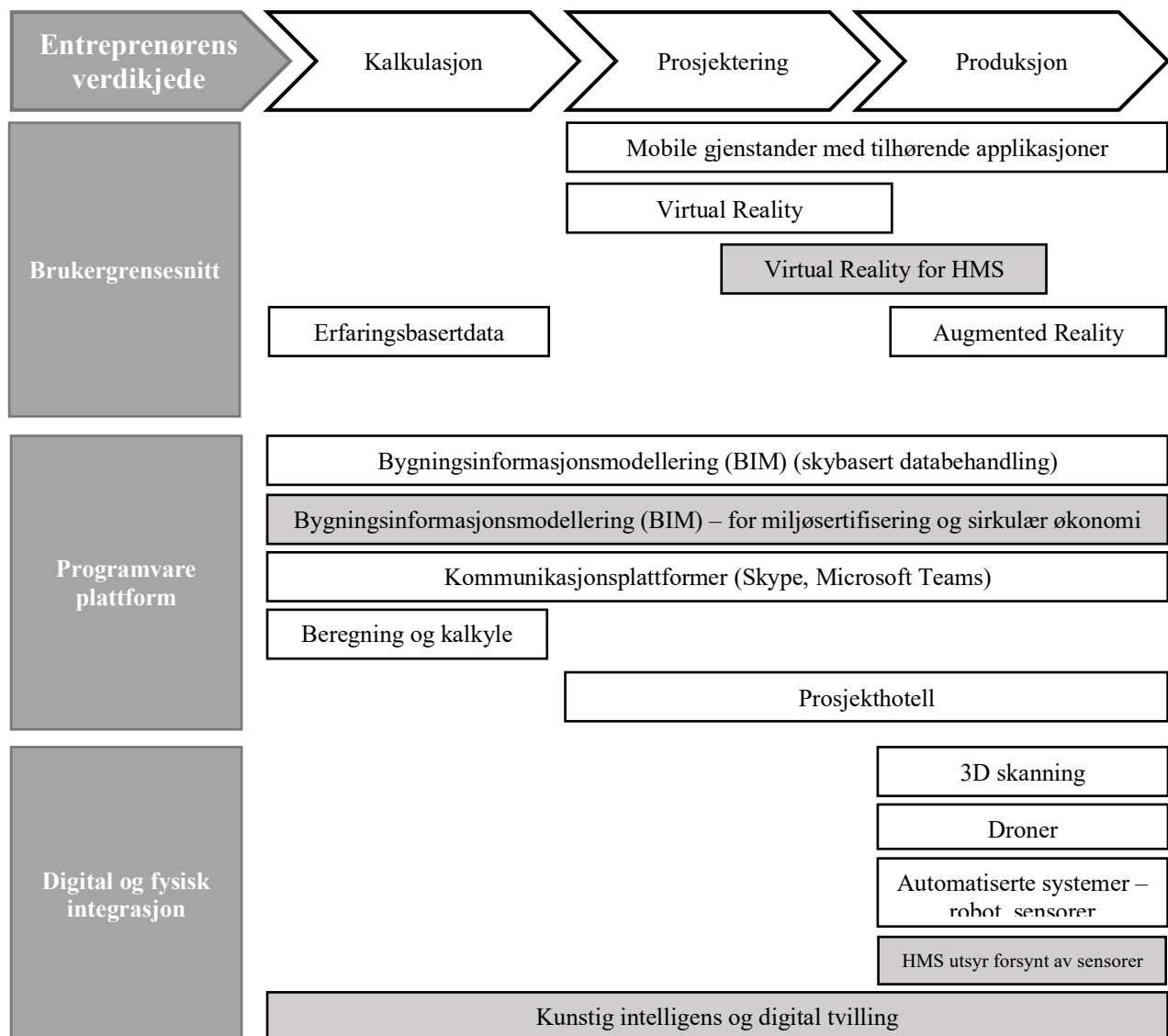
Mye av byggebransjen er digitalisert, men fra intervjuene kommer det frem at det er en mangel på teknologi som er utviklet og rettet mot medarbeidernes sikkerhet. HMS er en stor del av byggarbeidernes hverdag og det kan dermed stilles spørsmål til hvorfor teknologi knyttet til dette ikke er mer utviklet. Potensialet er stort der uønsket hendelser kan bli redusert og i beste fall redde menneskeliv. En av respondentene uttrykker at hvis selvkjørende biler klarer å oppfatte fare, hvorfor skal ikke HMS-utstyr, for eksempel en hjelm, klare å oppfatte faresituasjoner på byggeplassen. Dersom teknologien for dette blir utviklet kan det mulig sies at det vil være revolusjonerende for HMS arbeidet på byggeplasser.

Teknologi som er kommet lengre i utviklingen, når det gjelder HMS, er bruk av VR som et opplæringsverktøy for byggarbeidere, som Getuli et al. (2020) støtter. I en virtuell verden er det mulig å bli utsatt for faresituasjoner som kan oppstå på byggeplasser. Det kan diskuteres at faresituasjoner er uforutsigbare og at det ikke nødvendigvis bidrar så mye å ha erfart det virtuelt, men generelt kan det gjøre arbeidere mer oppmerksomme. Visse situasjoner kan forekomme oftere og da kan opplæringen være med på å redusere disse situasjonene.

Det kommer tydelig frem at BIM kan betraktes som et godt grunnlag for utvikling av teknologier, noe Kaufmann et al. (2018) støtter. Det finnes også egenskaper ved BIM som muliggjør effektivisering av arbeidsprosesser som er aktuelle i dag. Miljøsertifisering viser seg å være viktig blant byggeprosjekter og informasjonen som ligger i en BIM modell kan være med å skape et godt grunnlag for potensiell miljøsertifisering uttrykker en av respondentene. En ytterligere effekt, som gjelder mest for byggherrer, er bruk av informasjonen av et bygg for sirkulær økonomi.

Digital tvilling og kunstig intelligens er to digitale verktøy som har stort potensial i byggebransjen. Det digitale veikartet utviklet av BNL (2017) forteller at digital tvilling er et verktøy som bør implementeres for å oppnå en heldigital bransje. Ut ifra intervjuene virker det ikke som om det er blitt innført i prosjektene til bedriftene enda. Det kan tyde at teknologien er relativ ny som resulterer i høye kostnader for å implementere. Når disse teknologiene blir videreutviklet og utprøvd kan entreprenører vurdere at kost-nytte forholdet vil utspille positivt. Det er to teknologier som kan tilføye et prosjekt mye i form av informasjon, som Daskalova (2018) uttrykker, og Darko et al. (2020) nevner at det vil utvikle en mer integrert kobling mellom den fysiske og virtuelle verden.

Figur 13 er en videreutvikling av kartet presentert i kapittel 5.2.5. Kartet viser i tillegg de digitale mulighetene, skyggelagt grå, som en entreprenør kan benytte seg av når teknologien er blitt mer tilrettelagt for følgende hensikt.



Figur 13: Kart av digitale verktøy inkludert digitale muligheter (utviklet av forfatter)

Det kan sies at det finnes mange gode muligheter for digitalisering i byggebransjen og i en entreprenørs verdikjede, men er merkelig å nevne at det er viktig å være kritisk til digitale løsninger. Gerbert et al. (2016) nevner at det er viktig å identifisere og prioritere relevant teknologi med hensyn til deres modenhet og markedsnytte. Byggebransjen er uforutsigbar og det er ikke all teknologi som er moden nok til å kunne programmere hvordan løse potensielle uforutsigbare hendelser. I bunn og grunn er det mennesker som innehar kompetansen og erfaringene til å takle hendelser.

6. KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID

6.1 Konklusjon

I denne oppgaven har fokus vært på digitalisering i byggebransjen, spesielt rettet mot entreprenører. Oppgavens problemstilling er «*Hva er potensialet til digitale verktøy i entreprenørens verdikjede?*» og er støttet opp av tre forskningsspørsmål. Besvarelsen er basert på innsamlet resultater fra tre ulike entreprenørbedrifter, samt teoretisk litteratur.

Følgende forskningsspørsmål har vært grunnlaget for oppgaven:

- 1. Hvordan har digitalisering endret og påvirket entreprenørens verdikjede?*
- 2. Hvilke digitale verktøy benyttes i de ulike fasene til en entreprenørs verdikjede?*
- 3. Hvilke digitale muligheter kan bidra til å effektivisere verdikjeden?*

Fokuset på digitalisering i byggebransjen er annerledes nå enn før og det har vist seg å ha en positiv påvirkning ved at den det har bidratt til effektivisering som tyder i økt produktivitet. Dette er positivt for bransjen siden den har fått til dels kritikk for sakte vekst i produktivitet og implementering av digitale verktøy. Det finnes en del ulike faktorer knyttet til en entreprenørs verdikjede som har tydelig blitt påvirket av digitalisering. Når digitalisering og digitale verktøy blir implementert er det viktig for brukeren, i dette tilfelle entreprenøren, å vurdere gevinsten av det ettersom flere faktorer blir påvirket.

Tid og kostand er to faktorer som kan sies at går hånd i hånd med hverandre og som digitalisering kan ha en stor påvirkningskraft på. Store deler av grunnen til at digitalisering blir fokusert på er at det skal bidra til å spare tid, som dermed resulterer i reduksjon i kostnader. Store deler av entreprenørens verdikjede er i regi med andre aktører, som tekniske rådgivere, leverandører og underentreprenører, og det er essensielt med god samhandling og kommunikasjon for å oppnå et suksessfullt prosjekt. Digitalisering har åpnet mulighetene til god samhandling ved at informasjon er lettere tilgjengelig for aktuelle aktører og BIM har vært merkverdig for samhandlingen, kommunikasjon og forståelse ut til alle interessenter. Digitalisering har også påvirket kvaliteten som leveres som et resultat av at risikoen forminskes. Detaljnivået som digitale verktøy tilbyr er på et høyere nivå enn før, slik at når et prosjekt overføres fra en fase til en annen kan den aktuelle være mer sikker på arbeidet sitt.

Fokuset på digitalisering har også bidratt til en endring hos bedrifter. Det har kommet frem at det har vært nødvendig å øke kompetansenivået hos ansatte når det gjelder digitale verktøy. Dette har resultert i nye roller, spesielt knyttet til BIM, og en generell kompetanseheving slik at ansatte forstår hvordan verktøy skal brukes ute i prosjekt. Det har ikke kun hatt en endring innad i en bedrift, men også skapt nye bedrifter som spesialiserer seg på bestemte verktøy, som en entreprenør kan benytte seg av der det er et behov for.

I dette tilfelle omhandler entreprenørens verdikjede en totalentreprenør og derfor strekker seg fra kalkulasjon, prosjektering og til produksjon. I disse fasene utføres det forskjellige arbeidsoppgaver som bidrar til å bygge opp et prosjekt. I alle fasene viser det seg at en entreprenør benytter seg av både forskjellige og like digitale verktøy. Det kommer tydelig frem at BIM har blitt en standard i arbeidsprosessene til alle fasene og at det har lagt mye av grunnlaget for andre digitale verktøy som blir brukt, som for eksempel Virtual Reality, Augmented Reality og 3D skanning. Disse verktøyene bruker BIM modellen som et utgangspunkt for å forstå et prosjekt og sammenligning av det prosjekterte prosjektet med det som faktisk er utført.

I kalkulasjonsfasen viser det seg at hovedvekten av digitale verktøy består av programvare plattformer, samt bruken av erfaringsbasertdata. Når et prosjekt overføres til prosjektering blir flere digitale verktøy benyttet, både programvare plattformer og brukergrensesnitt. Det viser seg å være et større mangfold av digitale verktøy som blir brukt i produksjon sammenlignet med kalkulasjon og prosjektering. Digitale verktøy knyttet til brukergrensesnitt, programvare plattformer, samt digital og fysisk integrasjon blir brukt i produksjon. I tillegg viser det seg at det finnes flere arbeidsoppgaver som kan digitaliseres og automatiseres i produksjon. Det digitale mangfoldet i produksjonsfasen er bredere sammenlignet med kalkulasjon og prosjektering kan sies å være relativt naturlig. Et mer fullstendig kart kan sees i Vedlegg 2.

Digitalisering er ikke kun positivt, det byr også på utfordringer som må løses på best mulig måte for å synliggjøre mulighetene til å videre effektivisere verdikjeden. En del av utfordringene knyttes opp til at aktører er på forskjellige stadier når det gjelder digitalisering og at folk kan vise seg å være motvillig til endring. Folk behøver å vite hvilke muligheter innføringen av digitale verktøy kan by på som gagnar dem selv og bransjen, når dette er på plass kan det virke som villigheten økes. Deler av digitalisering i byggebransjen er i til en viss grad umoden, men det er stort potensialet som muliggjør effektivisering av verdikjeden til entreprenøren. Det er mye teknologi som er tilstede, men som ikke blir fullt utnyttet av entreprenører. Når teknologien videreutvikles vil mulighetene

være større noe som byggebransjen kommer til å se i de fremtidige år. Vedlegg 3 viser et videreutviklet kart som inkluderer de digitale mulighetene som kan implementeres i entreprenørens verdikjede.

6.2 Videre arbeid

For å få et større omfang i oppgaven kunne det vært interessant å undersøke hvordan digitale verktøy er blitt implementert i hverdagen til flere aktører i byggebransjen. Det kunne vært aktuelt å undersøke bruken hos byggherrer, leverandører og underentreprenører. Ved å prate med flere aktører blir det mer aktuelt å kunne følge hele verdikjeden til et byggeprosjekt, og ikke kun til entreprenøren. Dette kan også strekke seg til driftsfasen og undersøke kundenes erfaring med digitale verktøy, i dette tilfellet vil digital tvilling være det mest aktuelle verktøyet nevnt i oppgaven. I forbindelse med flere aktører og bredere verdikjede er det mulig å utvikle et mer fullstendig kart som muligens kan sammenlignes med andre næringer som benytter seg av lik teknologi, men til andre formål.

REFERANSELISTE

- Aga, F. (2016) Disse digitale løsningene vil endre byggenæringen. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1289364>.
- Agarwal, R. *et al.* (2016) Imagining construction's digital future. Tilgjengelig fra: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>.
- Ahmad, S. B. S. *et al.* (2020) Labour productivity statistics: a reality check for the Norwegian construction industry, *International Journal of Construction Management*, 20(1), s. 39-52.
- Alaloul, W. S. *et al.* (2018) Industry revolution IR 4.0: future opportunities and challenges in construction industry, i *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, s. 02010.
- Andersen, T. (2019) *Slik bygger vi fremtiden med Virtual Reality*. Tilgjengelig fra: <https://www.ncc.no/vare-tjenester/kundelofte/digital-bygging/vr--virtual-reality/> (Hentet: 16.10.2019).
- Aveyard, H. (2014) *Doing a literature review in health and social care: A practical guide*. Open University Press.
- Azhar, S. (2011) Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), s. 241-252. doi: doi:10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127.
- Bakken, J. B. (2018) Hun sjekket hver millimeter av 12.000 kvadratmeter på én dag. Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/morgendagens-naringsliv/imerso/statsbygg/sarah-muller/hun-sjekket-hver-millimeter-av-12000-kvadratmeter-pa-en-dag/2-1-428362>.
- BDO (2019) *Fortsatt sterk vekst med lave marginer og økt usikkerhet*. Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/158573181-Fortsatt-sterk-vekst-med-lave-marginer-og-okt-usikkerhet.html> (Hentet: 12.11.2019).
- Blanco, J. L. *et al.* (2017) The new age of engineering and construction technology, *McKinsey & Company-Capital Projects & Infrastructure*. Tilgjengelig fra: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/the-new-age-of-engineering-and-construction-technology>.
- BNL (2017) *Digitalt veikart for bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen for økt bærekraft og verdiskapning*. Byggenæringens landsforening. Tilgjengelig fra: <https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/digitalt-veikart-bae.pdf> (Hentet: 30.11.2019).
- BNL (2019) Ønsker du å styrke dine ansattes digitale kompetanse? Tilgjengelig fra: <https://www.bnl.no/artikler/2019/digitale-fagarbeider/>.
- Brekkehus, A. (2018) Digitalisering krever bedre samhandling for å skape det beste resultat. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1361517>.
- Brekkehus, A. (2019) Verdikjedens viktige digitalsatsing. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1417248>.
- Brennen, J. S. og Kreiss, D. (2016) Digitalization, *The international encyclopedia of communication theory and philosophy*, s. 1-11.
- Bråthen, K. *et al.* (2016) SamBIM-Bedre samhandling i byggeprosessen med BIM som katalysator: Fafo. Tilgjengelig fra: <https://www.fafo.no/images/pub/2016/20602.pdf>.

- Byggeindustrien (2017) Produktiviteten i bygg og anlegg går opp. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1312127>.
- Carter, N. *et al.* (2014) The Use of Triangulation in Qualitative Research, *Oncology Nursing Forum*. (Hentet: 12.02.2020).
- Christopher, M. (2011) *Logistics and Supply Chain Management*. Fourth. utg. FT Publishing International
- Dalland, O. (2012) *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 5. utg. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Dallasega, P., Rauch, E. og Linder, C. (2018) Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review, *Computers in Industry*, 99, s. 205-225. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361517305043>.
- Darko, A. *et al.* (2020) Artificial intelligence in the AEC industry: Scientometric analysis and visualization of research activities, *Automation in Construction*, 112, s. 103081. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103081>.
- Daskalova, M. (2018) The 'digital twin' - a bridge between the physical and the digital world. Tilgjengelig fra: <https://cobuilder.com/en/the-digital-twin-a-bridge-between-the-physical-and-the-digital-world/>.
- Eastman, C. *et al.* (2008) *BIM Handbook: A guide to building information modelin for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, Inc.
- Eikeland, P. T. (1998) *Teoretisk analyse av byggeprosesser*. Tilgjengelig fra: <http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/362/samsplet-i-byggeprosessen-eikeland.pdf> (Hentet: 09.12.2019).
- Geissbauer, R., Vedso, J. og Schrauf, S. (2016) Industry 4.0: Building the digital enterprise, Retrieved from PwC Website: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>. (Hentet: 20.04.2020).
- Gerbert, P. *et al.* (2016) Digital in Engineering and Construction: The transformative Power of Building Information Modeling, *BCG-The Boston Consulting Group*. Tilgjengelig fra: <http://futureofconstruction.org/content/uploads/2016/09/BCG-Digital-in-Engineering-and-Construction-Mar-2016.pdf> (Hentet: 06.03.2020).
- Getuli, V. *et al.* (2020) BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach, *Automation in Construction*, 114, s. 103160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103160>.
- Grani, H. K. (2020) Digitale tvillinger for bærekraftig bruk av bygg. Tilgjengelig fra: <https://www.fremtidensbygg.no/digitale-tvillinger-for-baerekraftig-bruk-av-bygg/>.
- Grewal, A., Kataria, H. og Dhawan, I. (2016) Literature search for research planning and identification of research problem, *Indian Journal of Anaesthesia*. (Hentet: 12.02.2020).
- Hjertholm, K. *et al.* (2019) *Samhandling i byggeprosjekter*. Tilgjengelig fra: https://www.bygg21.no/globalassets/rapport-pdf/00000_interaktiv_arb.gr.4_hovedrapport_samhandling.pdf.
- Hørlyk, G. (2015) Byggebransjen tar tak i logistikken Tilgjengelig fra: https://www.leancommunications.no/wp-content/uploads/2015/03/LogistikkLedelse_Gaute_mars2015.pdf.

- Jacobsen, D. I. (2000) *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Jensen, H. (2017) Slik gir skyen bedre samhandling i byggenæringen. Tilgjengelig fra: <https://www.cw.no/artikkel/kronikk/slik-gir-skyen-bedre-samhandling-byggenæringen>.
- Johannessen, A., Kristoffersen, L. og Tufte, P. A. (2011) *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*. Abstrakt.
- Jones, K. (2020) Construction Technology is Reshaping the Industry: constructconnect. Tilgjengelig fra: <https://www.constructconnect.com/blog/technology-reshaping-construction-industry> (Hentet: 05.05.2020).
- Karp, A. W. (2019) *VR/AR*. Tilgjengelig fra: <https://digitalnorway.com/digitaliseringsguiden/artikkel/vr-ar/> (Hentet: 20.04.2020).
- Kaufmann, D., Ruaux, X. og Jacob, M. (2018) *Digitalization of the construction industry: the revolution is underway*. (Hentet: 24.04.2020).
- King, A. P. og Pitt, M. C. (2009) Supply Chain Management: A Main Contractor's Perspective *Construction supply chain management*. Wiley-Blackwell, s. 182-198.
- Klakegg, O. J. et al. (2018) *Usikkerhetsstyring og samhandling i byggeprosjekter*. Bygg21. Tilgjengelig fra: <https://www.prosjektnorge.no/wp-content/uploads/2018/08/BAE-2018-06-18-Usikkerhetsstyring-Bygg21-ver0.pdf>.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet (2019) *En digital offentlig sektor*. Regjeringen.no. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/en-digital-offentlig-sektor/id2653874/> (Hentet: 03.12.2019).
- Krogh-Martinsen, T.-E. (2017) Nye teknotrender som vil prege byggebransjen (b. 2020): CHECKD. Tilgjengelig fra: <https://www.checkd.it/blogg/nye-teknotrender-som-vil-prege-byggebransjen>.
- Kunz, J. og Fischer, M. (2012) Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions, *Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University*. Tilgjengelig fra: https://stacks.stanford.edu/file/druid:gg301vb3551/WP097_0.pdf.
- Kvale, S. (2011) *Interview : introduktion til et håndværk*. 2. udg. utg. København: Hans Reitzel.
- Luth, G. P. (2011) VDC and the Engineering Continuum, *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(10), s. 906-915. doi: doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000359.
- Lædre, O. (2012) *Gjøre det selv eller betale andre for jobben*. Concept. Tilgjengelig fra: https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010610/Temahefte_Kontraktstrategi_w_ebutgave.pdf/4854197e-6f54-408c-a5bf-5b86d720307a (Hentet: 10.12.2019).
- Middleton (2019) Reliability vs validity: what is the difference? Tilgjengelig fra: <https://www.scribbr.com/methodology/reliability-vs-validity/>.
- New, S. og Westbrook, R. (2004) *Understanding Supply Chains*. Oxford University Press.
- NHO (2018) Verden og oss: Næringslivets perspektivmelding 2018 (b. 3, s. 122-149). Oslo: Næringslivets Hovedorganisasjon. Tilgjengelig fra: https://www.nho.no/siteassets/publikasjoner/næringslivets-perspektivmelding/pdf-er-30okt18/nho_perspektivmeldingen_hele_web_lowres.pdf.
- NTNU (2013) *Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjekt- og masteroppgaver* Tilgjengelig fra: https://www.ntnu.no/documents/1272524419/1273312006/R%C3%A5d_Og_Retningslinje

r_For_Rapportskriving_BAT.pdf/760496d8-2d08-4b99-9c33-8ff1e6ef7b9c (Hentet: 02.12.2019).

- NTNU (2017) *Kildekritikk av artikler: T-O-N-E prinsippet*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=rs5PFX5SIHc&feature=youtu.be> (Hentet: 01.12.2019).
- Oesterreich, T. D. og Teuteberg, F. (2016) Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in Industry*, 83, s. 121-139. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361516301944>.
- Papadikis, K. et al. (2019) *Sustainable Buildings and Structures: Building a Sustainable Tomorrow: Proceedings of the 2nd International Conference in Sustainable Buildings and Structures (ICSBS 2019), October 25-27, 2019, Suzhou, China*. CRC Press.
- Parviainen, P. et al. (2017) Tackling the digitalization challenge: How to benefit from digitalization in practice, *International journal of information systems and project management*, 5(1), s. 63-77.
- Patterson, J. (2018) An Aerial View of the Future - Drones in Construction: Geospatial World. Tilgjengelig fra: <https://www.geospatialworld.net/blogs/an-aerial-view-of-the-future-drones-in-construction/> (Hentet: 05.02.2020).
- Pryke, S. (2009) *Construction supply chain management: Concepts and case studies*. John Wiley & Sons.
- Rasmussen, A. (2018) Digitalisering i bygg- og anleggsbransjen: Columbus. Tilgjengelig fra: <https://www.columbusglobal.com/no/blogg/digitalisering-i-bygg-og-anleggsbransjen1> (Hentet: 15.04.2020).
- Renz, A. og Solas, M. Z. (2016) *Shaping the Future of Construction*. World Economic Forum. Tilgjengelig fra: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf (Hentet: 27.02.2020).
- Salehi, H. og Burgueño, R. (2018) Emerging artificial intelligence methods in structural engineering, *Engineering Structures*, 171, s. 170-189. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.05.084>.
- Sander, K. (2019) *Reliabilitet*. Tilgjengelig fra: <https://estudie.no/reliabilitet/>.
- Schober, K.-S. (2016) Digitization in the construction industry, *Roland Berger GmbH, Competence Center Civil Economics*.
- Sekse, M. og Emborg, J. S. (2018) *Ny studie: virtual reality kan skape besparelser i kompleks infrastruktur og bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.cowi.no/innsikt/ny-studie-virtual-reality-kan-skape-besparelser-i-kompleks-infrastruktur-og-bygg-og-anlegg> (Hentet: 30.04.2020).
- Spacemaker (2020) *Design better cities with artificial*. Tilgjengelig fra: <https://spacemaker.ai/> (Hentet: 28.02.2020).
- Standard Norge (2017) *Bygningsinformasjonsmodeller. Informasjonsleveranse. Del 1: Metode og format NS-EN ISO 29481-1:2017*.
- Statsbygg (2018) *Statsbyggs første Digibygge er ferdig*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2018/Statsbyggs-forste-Digibygger-ferdig/>.

- Tiltnes, S. (2019) Vi bygger best - med åpenhet og tillit: Bygg21. Tilgjengelig fra: https://www.bygg21.no/globalassets/rapport-pdf/00000_interaktiv_arb.gr.4_veileder_samhandling_2.pdf.
- Tjora, A. H. (2010) *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Todsén, S. (2018) Produktivitetsfall i bygg og anlegg. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitsfall-i-bygg-og-anlegg>.
- Uhm, M., Lee, G. og Jeon, B. (2017) An analysis of BIM jobs and competencies based on the use of terms in the industry, *Automation in Construction*, 81, s. 67-98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.06.002>.
- Weiseth, M. et al. (2004) *Produktivitet og logistikk i bygg- og anleggsbransjen: Problemområder og tiltak*. Tilgjengelig fra: <https://www.prosjektnorge.no/wp-content/uploads/2017/12/NSP-0017-Produktivitet-og-logistikk-i-BA-bransjen.pdf> (Hentet: 02.12.2019).
- Vrijhoef, R. og Koskela, L. (2000) The four roles of supply chain management in construction, *European journal of purchasing & supply management*, 6(3-4), s. 169-178. Tilgjengelig fra: <Go to WoS>://WOS:000290638901064.
- Wang, Q., Tan, Y. og Mei, Z. (2020) Computational Methods of Acquisition and Processing of 3D Point Cloud Data for Construction Applications, *Archives of Computational Methods in Engineering*, 27(2), s. 479-499. doi: 10.1007/s11831-019-09320-4.
- Woksepp, S. og Olofsson, T. (2008) Credibility and applicability of virtual reality models in design and construction, *Advanced Engineering Informatics*, 22(4), s. 520-528. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2008.06.007>.
- Yupp, V. (2006) The SAGE Dictionary of Social Research Methods, s. 306-307. doi: 10.4135/9780857020116.
- Zaychenko, I., Smirnova, A. og Borremans, A. (2018) Digital transformation: the case of the application of drones in construction, *MATEC Web of Conferences*. (Hentet: 05.02.2020).

VEDLEGG 1 – INTERVJUGUIDE

Intervjuguide

Introduksjon

Intervjuene vil bli benyttet med masteroppgaven med hovedtema digitalisering i byggebransjen. Problemstillingen til oppgaven er «*Kartlegging av digitale verktøy i en entreprenørs verdikjede*». Digitale verktøy som digital tvilling, kunstig intelligens, virtual reality/augmented reality, virtual design construction, BIM, droner og lignende har i det siste blitt tatt mer og mer i bruk i byggebransjen. Ønsket med masteroppgaven er å utarbeide et "kart" som viser hvor i entreprenørens verdikjede ulike digitale verktøy blir brukt.

Forskningsspørsmål:

1. Hvordan har digitalisering endret/påvirket entreprenørens verdikjede?
2. Hvilke digitale verktøy benyttes i de ulike fasene til en entreprenørs verdikjede?
3. Hvor i dag er det et gap der digitale verktøy kan brukes for å effektivisere verdikjeden?

Del 0 – Generell informasjon

Stilling. Utdanning. Antall års erfaring, ulike type stillinger? Hvilke erfaringer har du med digitalisering?

Del 1 – Hvordan digitalisering påvirker verdikjeden

- Hva slags påvirkning har teknologi og digitale verktøy på entreprenøren sin verdikjede?
- Hvordan har digitalisering medført endringer i entreprenørens verdikjede?
- I hvilken grad har det medført nye forretningsmodeller/gjennomføringsmodeller og nye roller?
- Hvilke fordeler/ulempeser ser dere ved bruk av digitale verktøy i verdikjeden?
 - o Tidsbesparende?
 - o Kostnadsfordel?
 - o Samhandling?
 - o Kommunikasjon?
 - o Kvalitet?
 - o Risiko?
 - o Konkurransefortrinn?
 - o Effektivisering?
- Hvor i verdikjeden finnes disse fordelene/ulempene?

Del 2 – Bruk av digitale verktøy

- Hvilke digitale verktøy benytter dere i prosjektene?
- Hva brukes de til?
- Hvor ofte blir digitale verktøy brukt?
- Når ble de innført?
- Hva slags erfaring har du med de ulike digitale verktøy?
 - o Lett å bruke/grad av nytte
- Hva får dere ut av å bruke digitale verktøy?

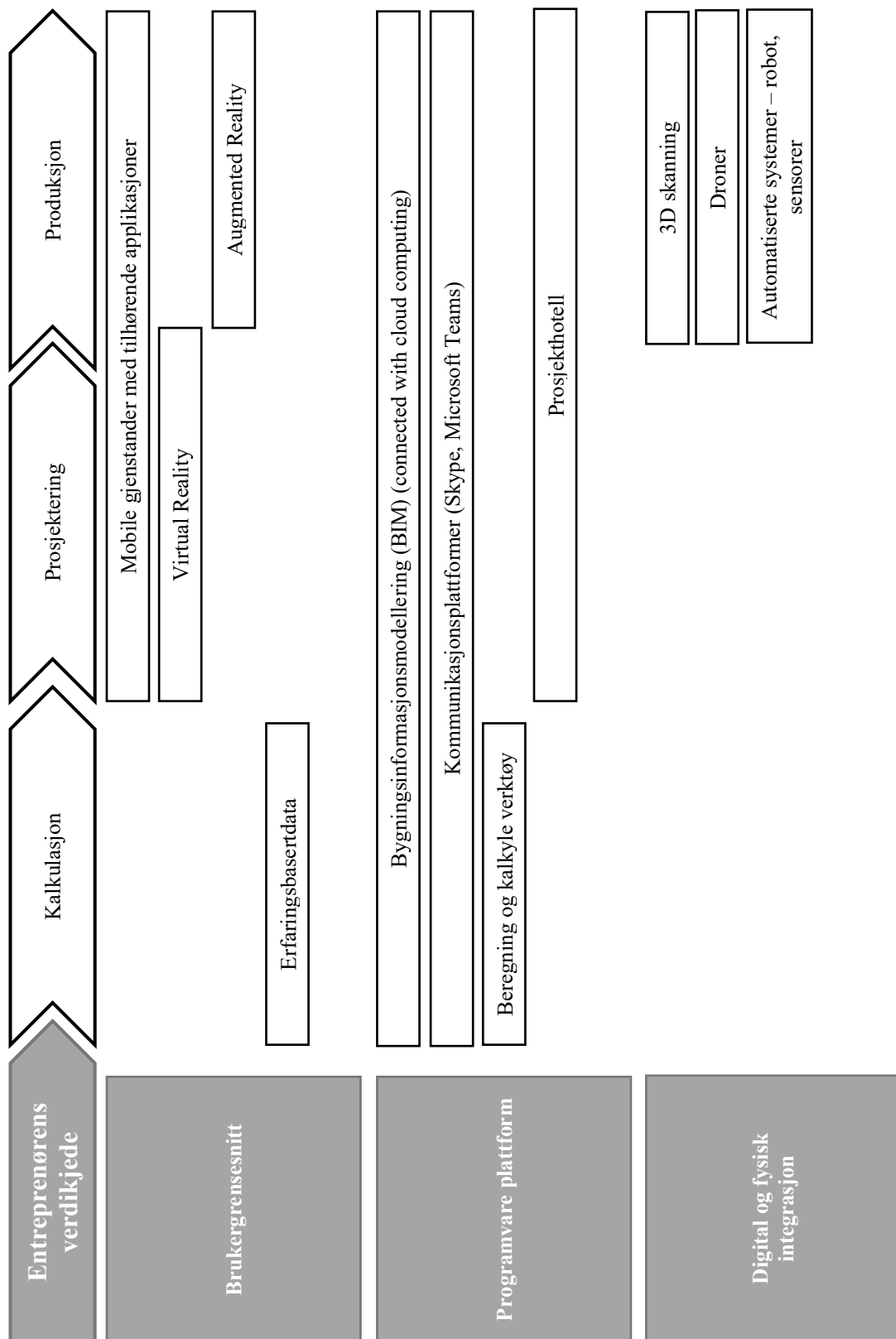
Del 3 – Gap i byggebransjen og forventninger

- Er det noen deler i deres fase av verdikjeden som du føler mangler bruk av digitale verktøy?
 - o Kan disse forbedres/effektiviseres ved bruk av digitale verktøy?
- I hvilken grad finnes det digitale verktøy som ikke blir utnyttet i verdikjeden?
- Hvordan kan byggebransjen forbedres ved bruk av digitalisering?
- Hvor mye av byggebransjen har potensialet til å digitaliseres?

Del 4 – Avslutning

- Er det noen deler ved problemstillingen som er lite eller ikke dekket, og som kan være interessant å gå nærmere inn på?
- Er det greit om jeg kontakter deg i ettertid dersom det kommer opp noe jeg har glemt å spørre om eller noe som behøver oppklaring?

VEDLEGG 2 – KART AV DIGITALE VERKTØY



VEDLEGG 3 – VIDEREUTVIKLING AV KART

