

Vilde Fuglaas

# Digitalisering i byggenæringens prosjektbaserte produksjon

En studie av hvordan bruk av digitale verktøy kan  
bidra til økt produktivitet

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Olav Torp

Medveileder: Trygve Karlsen

Juni 2023



Vilde Fuglaas

# **Digitalisering i byggenæringens prosjektbaserte produksjon**

En studie av hvordan bruk av digitale verktøy kan  
bidra til økt produktivitet

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk  
Veileder: Olav Torp  
Medveileder: Trygve Karlsen  
Juni 2023

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



Kunnskap for en bedre verden



# Sammendrag

Formålet med masteroppgaven er å øke kunnskapen om hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten i byggenæringens prosjektbaserte produksjon. For å oppfylle formålet er følgende fire forskningsspørsmål definert: 1) Hvordan har digitale verktøy endret produksjonen på byggeplass?, 2) Hvilke utfordringer er knyttet til digitale verktøy?, 3) Hvordan påvirker digitale verktøy produktivitet? og 4) På hvilken måte kan digitale verktøy bidra til å forbedre produktivitet?

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Veidekke Bygg Trondheim, og er avgrenset til digitale verktøy i form av prosjektstyringsverktøy, kommunikasjonsverktøy, samhandlingsverktøy og modellverktøy. Dette med hovedfokus på bruken i den fysiske produksjonen på selve byggeplassen.

Litteraturstudie, dokumentstudie og semistrukturerte intervju er anvendte kvalitative forskningsmetoder for datainnsamling og analyse. I tillegg er det gjennomført en kvantitativ datainnsamling i form av strukturerte observasjoner i lagsmøter på to ulike prosjekt for å måle Prosent Planlagt Utført (PPU) og videre analysere årsaker til avvik.

Resultatene viser at digitale verktøy har endret produksjonen på byggeplass på flere måter. Bruken av mobile enheter har åpnet opp for bærbare informasjonssystemer, kommunikasjonsverktøy og modelleringsverktøy. Tradisjonelle tegninger og andre dokumenter har gått fra å være papirbasert til å tilpasses det digitale formatet. Informasjonen kan mottas raskere, direkte på byggeplassen og den samme informasjonen er tilgjengelig for alle.

Bruk av bygningsinformasjonsmodellering (BIM) har gitt håndverkerne en mer helhetlig forståelse av det planlagte arbeidet, muligheten til å undersøke mer komplekse oppgaver, økt tilgang til detaljer og en forenklet prosess for mengdeuttak. I forbindelse med Involverende Planlegging (IP) har digitale verktøy endret hvordan lagsplanene og forrige ukes fremdrift blir presentert for håndverkerne under lagsmøtene. Likevel føler håndverkerne at de i like stor grad blir involvert og får muligheten til å påvirke sin egen hverdag.

Identifiserte utfordringer knyttet til digitale verktøy er maskinvareutfordringer, programvareutfordringer, aksept fra de ansatte, alderskultur, begrenset forståelse av 2D-tegninger, høye kostnader, samt mindre engasjement og færre diskusjoner rundt tegningene. Videre indikerer funnene at digitale verktøy har hatt en positiv innvirkning på produktivitet, selv om påvirkningen anses som mindre.

Studien konkluderer med at dersom bruk av digitale verktøy skal bidra til å øke produktiviteten i byggenæringens prosjektbaserte produksjon, anbefales det å iverksette initiativer for å redusere utfordringene. Disse inkluderer å gjøre det lettere å orientere seg og se sammenhenger på de håndholdte enhetene, forenkle navigeringen mellom flere tegninger i programvaren, forbedre varslingsystemet ved nye revisjoner og innføre flere filtreringsmuligheter. Det bør også gjøres mulig å visualisere plantegningene sammen med 3D-modellen på nettbrett og telefon. Andre anbefalte initiativer er å inkludere programvareutviklerne ute i produksjonen og varsle tidlig i prosjekteringen hvordan det er ønskelig at tegningene og modellene skal være. I tillegg bør en støttefunksjon inkluderes som ser og løser utfordringene kontinuerlig, og som kan bidra med veiledning og opplæring slik at økt kunnskap oppnås.

# Abstract

The purpose of the master's thesis is to enhance knowledge of how the use of digital tools can contribute to increase productivity in the project-based production of the construction industry. To fulfill this purpose, the following four research questions are defined: 1) How have digital tools transformed production on construction sites?, 2) What challenges are associated with digital tools?, 3) How do digital tools impact productivity? and 4) In what ways can digital tools contribute to productivity improvement?

The thesis is written in collaboration with Veidekke Bygg Trondheim and is focused on digital tools such as project management tools, communication tools, collaboration tools, and modeling tools. The main focus is on usage in the physical production at the construction site.

Qualitative research methods, including literature study, document study, and semi-structured interviews, were employed for data collection and analysis. Additionally, quantitative data collection in the form of structured observations during team meetings in two different projects was conducted to measure Percent Planned Completed (PPC) and further analyze the causes of deviations.

The findings indicate that digital tools have brought about various transformations in construction site production. The use of mobile devices has enabled portable information systems, communication tools, and modeling tools. Traditional drawings and other documents have shifted from being paper-based to being adapted to the digital format. Information can now be received faster, directly on the construction site, and the same information is accessible to everyone.

The adoption of Building Information Modeling (BIM) has provided craftsmen with a more comprehensive understanding of the planned work, the ability to explore more complex tasks, increased access to details, and a simplified process for quantity takeoff. In the context of Inclusive Planning (IP), digital tools have changed how team plans and the progress from the previous week are presented to craftsmen during team meetings. However, craftsmen still feel equally involved and that they have the opportunity to influence their daily work.

Identified challenges associated with digital tools include hardware challenges, software challenges, employee acceptance, generational culture, limited understanding of 2D drawings, high costs, as well as reduced engagement, and fewer discussions around the drawings. Furthermore, the findings indicate that digital tools have had a positive impact on productivity, although the impact is considered relatively modest.

The study concludes that if the use of digital tools is to contribute to increasing productivity in the project-based production of the construction industry, it is recommended to implement initiatives to reduce the challenges. These initiatives include facilitating ease of orientation and comprehending relationships on handheld devices, simplifying navigation between multiple drawings in the software, improving the notification system for new revisions, and introducing more filtering options. Additionally, enabling the visualization of floor plans alongside the 3D model on tablets and smartphones is crucial. Other recommended initiatives include involving software developers in the production process and early notification during the design phase regarding the desired formats for drawings and models. Moreover, a support function should be included that continuously identifies and resolves challenges, providing guidance and training to enhance knowledge.

# Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim våren 2023. Oppgaven markerer avslutningen på en femårig studie ved fakultet for ingeniørvitenskap og institutt for bygg- og miljøteknikk med studieretning bygg og anlegg og hovedprofil i byggeprosess. Masteroppgaven utgjør hele vurderingsgrunnlaget i emnet *TBM4900 Bygg- og miljøteknikk, masteroppgave*. Dette tilsvarer 30 studiepoeng og et semester etter normert studieprogresjon.

Oppgaven er gjennomført i samarbeid med Veidekke Bygg Trondheim. Entreprenøren ble kontaktet på bakgrunn av tidligere samarbeid i forbindelse med skriving av bacheloroppgave. Forskeren har også opparbeidet en relasjon med bedriften gjennom tidligere sommerjobber. For ordens skyld er det også riktig å nevne at studenten under arbeidsperioden signerte arbeidskontrakt med den aktuelle bedriften.

Valg av tema ble gjennomført i samråd med samarbeidsbedriften og intern veileder, i tillegg var forskerens interesse for digitalisering en motivasjonsfaktor. På bakgrunn av at digitalisering er et vidt begrep, var det ønskelig å spisse tematikken ytterligere. Temaet ble derfor rettet inn mot digitale verktøy i byggenæringens prosjektbasert produksjon.

Jeg ønsker å takke de som har bidratt i datainnsamlingen med nyttig informasjon og gode tips. Deres kunnskap og erfaringer har vært essensielle for å kunne utføre oppgaven. Videre vil jeg rette en stor takk til Veidekke Bygg Trondheim, og spesielt til min eksterne veileder Trygve Karlsen. Dere har vist en åpenhet og samarbeidsvillighet, noe som settes stor pris på i en travel prosjekthverdag.

Til slutt vil jeg takke min hovedveileder Olav Torp for gode råd, støtte og oppfølging gjennom hele året.

Trondheim, 12. juni 2023

*Vilde Fuglaas*

Vilde Fuglaas





# Innhold

Figurer .....	xi
Tabeller .....	xi
Forkortelser .....	xi
1 Introduksjon .....	12
1.1 Bakgrunn for valg av tema .....	12
1.2 Formål og forskningsspørsmål .....	13
1.3 Avgrensninger .....	13
1.4 Rapportens oppbygging .....	13
1.5 Deklarasjon .....	14
2 Metode .....	15
2.1 Forskningsmetode .....	15
2.2 Litteraturstudie .....	17
2.3 Dokumentstudie .....	20
2.4 Intervju .....	20
2.5 Observasjoner .....	24
2.6 Kritisk vurdering av forskningsmetoder .....	26
2.7 Gjenbruk av prosjektoppgave .....	28
3 Teori .....	29
3.1 Byggeprosessen .....	29
3.2 Produktivitet .....	30
3.3 Last Planner .....	31
3.4 Prosent Planlagt Utført (PPU) .....	34
3.5 Digitalisering .....	36
4 Resultater .....	41
4.1 Involverende planlegging (IP) .....	41
4.2 Digitale verktøy i Veidekke .....	43
4.3 Prosjektbasert produksjon før og etter digitale verktøy .....	44
4.4 Utfordringer med digitale verktøy .....	47
4.5 Digitale verktøy og produktivitet .....	49
4.6 PPU-målinger og analyse av årsaker til avvik fra plan .....	50
4.7 Optimalisering av digitale verktøy og produktivitet .....	54
5 Diskusjon .....	55
5.1 Hvordan har digitale verktøy endret produksjonen på byggeplass? .....	55
5.2 Hvilke utfordringer er knyttet til digitale verktøy? .....	58
5.3 Hvordan påvirker digitale verktøy produktivitet? .....	61

5.4	På hvilken måte kan digitale verktøy bidra til å forbedre produktivitet? .....	63
6	Konklusjon .....	65
6.1	Hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten .....	65
6.2	Videre arbeid .....	66
	Referanser.....	67
	Vedlegg.....	72

## Figurer

Figur 2.1: Metodisk sammenheng mellom forskningsspørsmålene.....	17
Figur 2.2: Søkestrategi og -teknikk (Olsen, 2015) .....	18
Figur 2.3: Elimineringemetode .....	19
Figur 2.4: Intervjuets struktur (Tjora, 2021).....	22
Figur 3.1: Byggeprosessens faser (Eikeland, 2001).....	30
Figur 3.2: Gradvis økt detaljeringsgrad (Kalsaas, 2017) .....	32
Figur 3.3: De syv hindringene (Kalsaas, 2017) .....	32
Figur 3.4: Dynamikken i plansystemet (Kalsaas, 2017) .....	33
Figur 3.5: Lineær regresjon mellom produktivitet og PPU (Liu & Ballard, 2008) .....	35
Figur 4.1: De 7 forutsetningene for en sunn aktivitet .....	42
Figur 4.2: Arbeidsdeling i tid .....	43
Figur 4.3: Plan- og møtestruktur .....	43
Figur 4.4: Intervjuobjektene meninger om digitale verktøy og produktivitet .....	49
Figur 4.5: Grafisk fremstilling av PPU-målinger for analogt og digitalt prosjekt.....	51
Figur 4.6: Årsaker til avvik fra plan for analogt og digitalt prosjekt .....	52
Figur 4.7: Grafisk fremstilling av PPU-målinger for heldigitalt og papirfri prosjekt .....	53
Figur 4.8: Årsaker til avvik fra plan for heldigitalt og papirfri prosjekt .....	53

## Tabeller

Tabell 1.1: Oppgavens disposisjon.....	14
Tabell 2.1: Metodevalg for de ulike forskningsspørsmålene .....	16
Tabell 2.2: Eksempel fra gjennomført litteratursøk .....	18
Tabell 2.3: Oversikt over intervjuobjektene .....	23
Tabell 2.4: Observasjoner ved analogt kombinert med digitalt prosjekt .....	25
Tabell 2.5: Observasjoner ved heldigitalt og papirfri prosjekt .....	25
Tabell 4.1: PPU-målinger fra et analogt kombinert med digitalt prosjekt.....	51
Tabell 4.2: PPU-målinger og årsaker til avvik fra heldigitalt og papirfri prosjekt.....	52
Tabell 4.3: Utdrag av intervjuobjektene forslag til forbedring.....	54
Tabell 5.1: Tradisjonell vs. digital prosess for skriving av sjekklister .....	56
Tabell 5.3: Initiativer for å redusere utfordringene knyttet til digitale verktøy .....	64

## Forkortelser

AR	Augmented reality (utvidet virkelighet)
BAE-næringen	Bygge-, anleggs- og eiendomsnæringen
BIM	Bygningsinformasjonsmodell
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IP	Involverende planlegging
IT	Informasjonsteknologi
LP	Last Planner
MMR	Mixed methods research
OP	Operativsystem
PPU	Prosent Planlagt Utført
RUH	Rapport om uønsket hendelse

# 1 Introduksjon

Dette kapitlet gir en oversikt over oppgavens relevans og aktualitet. Først presenteres bakgrunn for valg av tema. Videre beskrives oppgavens formål og forskningsspørsmål. Avslutningsvis gis en kort lederveiledning for hvordan oppgaven er strukturert samt en deklarasjon.

## 1.1 Bakgrunn for valg av tema

Bygge- anleggs- og eiendomsnæringen (BAE-næringen) kritiseres for å ha lav produktivitet og for å levere produkter med mye feil (Knotten, 2018). I tillegg har bransjen hatt et rykte for å være konservativ og vise motstand mot endringer (Oesterreich & Teuteberg, 2016). Tall fra Statistisk sentralbyrå (SSB) (2018) viser at bygge- og anleggsbransjen har hatt en uendret eller negativ utvikling i produktivitet siden år 2000, spesielt sammenliknet med markedsrettet virksomhet i Fastlands-Norge, som har hatt en økning i samme periode. Selv om Langlo og Andersen (2016) poengterte at den negative utviklingen skyldes feil ved målingene, har bransjen potensiale for forbedring.

Verden står i dag midt i en rask og omveltende teknologisk utvikling, og digitalisering er en av fem identifiserte globale megatrender som også påvirker BAE-næringen (Sjøgren et al., 2017). Konkurransen blir stadig mer global, og den norske byggenæringen konkurrerer med utenlandske aktører på de fleste arenaer. Videre er Norge et høykostland som preges av høye produksjons- og lønnskostnader og kan derfor ikke ha en konkurransestrategi om bare å være billigst, den norske BAE-bransjen må derfor jobbe smartere (Karlsen et al., 2020).

Byggenæringens produksjon er prosjektbasert (Bølviken, 2012; Kalsaas, 2017). Dette er en produksjon som skiller seg fra andre typer produksjon ved at produktet er unikt og organisasjonen som utfører produksjonen er midlertidig satt sammen. Videre sitter produktet som produseres fast i bakken og produksjonsprosessen beveger seg gjennom produktet, i motsetning til de fleste andre produksjonstyper der produktet beveger seg gjennom produksjonsprosessen. I tillegg er både prosessen og produktet komplekse.

En åpenbar endring i prosjektbasert produksjon de siste årene er økende grad av industrialisering (Karlsen et al., 2020). Deler av byggeprosessen skjer på andre steder enn på selve byggeplassen, og prefabrikasjon, moduler og elementer blir mer benyttet. Samtidig er det mye som skjer på selve byggeplassen og «Lean-prosesser» støttet av automatisering og robotisering tas i bruk (Karlsen et al., 2020). I tillegg har bygningsinformasjonsmodellering (BIM) og andre digitale verktøy innenfor informasjonsteknologi (IT) gått fra å primært være et prosjekteringsverktøy til å bli en viktig del av produksjonen hos flere av aktørene (Svalestuen et al., 2017).

Basert på de ovennevnte endringene som bransjen står ovenfor, er det interessant å se nærmere på hvordan digitaliseringen påvirker byggebransjen, og spesielt den prosjektbaserte produksjonen.

## 1.2 Formål og forskningsspørsmål

Med grunnlag i den tematiske bakgrunnen og en økt interesse fra både samarbeidsbedriften og forskeren, er det valgt å se nærmere på temaet digitale verktøy. Formålet med masteroppgaven er å øke kunnskapen om hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten i byggenæringens prosjektbaserte produksjon.

Mer konkret søker oppgaven å identifisere endringene i byggenæringens prosjektbaserte produksjon etter implementeringen av digitale verktøy. Videre vil den undersøke de utfordringene som oppstår og hvilken påvirkning digitale verktøy har på produktivitet. Til slutt vil oppgaven presentere forslag til forbedringer basert på funnene.

For å oppfylle dette formålet er det definert følgende fire forskningsspørsmål:

1. *Hvordan har digitale verktøy endret produksjonen på byggeplass?*
2. *Hvilke utfordringer er knyttet til digitale verktøy?*
3. *Hvordan påvirker digitale verktøy produktivitet?*
4. *På hvilken måte kan digitale verktøy bidra til å forbedre produktivitet?*

## 1.3 Avgrensninger

Denne masteroppgaven har en begrenset varighet på 20 uker. For å belyse temaet og besvare oppgavens forskningsspørsmål er det derfor foretatt avgrensninger av omfanget.

Litteraturen viser at digitalisering er et vidt begrep som blant annet omhandler informasjonsflyt, industrialisering, robotisering og automatisering (Sjøgren et al., 2017). Denne oppgaven er derfor avgrenset til digitalisering i form av informasjonsflyt. Mer konkret tar oppgaven for seg digitale verktøy, herunder prosjektstyringsverktøy, kommunikasjonsverktøy, samhandlingsverktøy og modellverktøy, som benyttes i byggenæringens prosjektbaserte produksjon. Fokuset er på bruken av digitale verktøy i den fysiske produksjonen på selve byggeplassen, og det legges mindre vekt på digitale verktøy som brukes av ledelsen på anleggskontoret.

Videre er en avgrensning med oppgaven at den er basert på et begrenset antall respondenter fra en bedrift. Det kan derfor tenkes at resultatene ikke er like relevante for alle prosjekter.

## 1.4 Rapportens oppbygging

For oppbygging av strukturen til rapporten er det benyttet en Word-mal for masteroppgaver gitt av NTNU. Oppgavens disposisjon inkludert en beskrivelse av hvordan kapitlene er bygget opp er videre presentert i Tabell 1.1.

**Tabell 1.1: Oppgavens disposisjon**

	<b>Beskrivelse</b>
<b>1. Introduksjon</b>	Presenterer innledning, bakgrunn for oppgaven, problemdefinering, avgrensninger knyttet til oppgavens omfang og rapportens oppbygging. Avslutningsvis gis en kort deklarasjon.
<b>2. Metode</b>	Redegjør og argumenter for valg av forskningsmetode, og beskriver gjenbruk av materiale fra prosjektoppgaven.
<b>3. Teori</b>	Presenterer relevant teori og forskning identifisert i litteraturstudiet.
<b>4. Resultater</b>	Presenterer funn fra dokumentstudier, intervju og observasjoner.
<b>5. Diskusjon</b>	Diskuterer funnene fra resultatene på en reflektert måte opp mot teorien i teorikapitlet. Kapitlet tar utgangspunkt i forskningsspørsmålene.
<b>6. Konklusjon</b>	Besvarer forskningsspørsmålene og presenterer forslag til videre arbeid.
<b>Vedlegg</b>	Er en del av rapporten og inneholder bakgrunnsinformasjon som støtter opp under prosesser, argumenter eller metoder som er benyttet i oppgaven.

## 1.5 Deklarasjon

Det bemerkes at denne masteroppgaven bygger på den anvendte metoden og forskerens tolkninger av informasjonen fra datainnsamlingen. Forskeren kan ha gjort feilaktige tolkninger av innholdet, noe som kan ha ført til avvik fra kildenes opprinnelige budskap.

## 2 Metode

Dette kapitlet presenterer oppgavens forskningsmetode. Kapitlet starter med å beskrive forskningsmetoder generelt, deretter gis en begrunnelse av valg av forskningsmetode. Videre presenteres de ulike datainnsamlingsmetodene litteraturstudie, dokumentstudier, intervju og observasjoner, før det blir gjennomført en kritisk vurdering av forskningsmetodene. Avslutningsvis blir det gjenbrukte materiale fra prosjektoppgaven beskrevet.

### 2.1 Forskningsmetode

En forskningsmetode er en fremgangsmåte som benyttes i vitenskapelig forskning (Grønmo, 2021). Hvilke metoder som benyttes er avhengig av hva som skal undersøkes, og hva problemstillingen for undersøkelsen er.

#### 2.1.1 Generelt om forskningsmetoder

Det skilles mellom kvalitativ og kvantitativ metode for å fremskaffe eller generere informasjon på, avhengig av hva slags data forskningen baseres på (Grønmo, 2021).

Kvalitativ metode brukes ved innsamling og analyse av kvalitative data som vanligvis foreligger i form av tekst (Grønmo, 2023a). Eksempler på kvalitative forskningsmetoder er ustrukturerte intervjuer, fokusgrupper, analyse av dokumenter og deltakende observasjoner. De kvalitative metodene omfatter gjerne få enheter, med mye data om hver enhet. Enhetene kan være individer, organisasjoner, lokalsamfunn eller land. Hensikten med kvalitative metoder er å oppnå dybdekunnskap og en helhetlig forståelse av spesifikke kontekster, eller utvikle begreper, kategorier og typologier.

Kvantitativ metode brukes ved innsamling og analyse av kvantitative data som vanligvis foreligger i form av tall eller mengder (Grønmo, 2023b). Eksempler på kvantitative forskningsmetoder er spørreundersøkelser, strukturerte observasjoner og statistikk. Kvantitative metoder omfatter i motsetning til kvalitative mange enheter, og baseres på en begrenset mengde data om hver enhet. Hensikten er å utvikle en representativ oversikt over generelle forhold og til å teste hypoteser og teorier.

Forskningsmetoder er ikke alltid enten kvalitativ eller kvantitativ (Johannessen et al., 2021). Forskning der forskeren samler, analyserer, tolker og trekker konklusjoner på bakgrunn av både kvalitative og kvantitative data kalles *mixed methods research* (MMR).

#### 2.1.2 Valg av forskningsmetode

Valg av riktig forskningsmetode er ifølge Tjora (2021) viktig for å kunne svare på oppgavens problemstilling. Metodevalg må reflektere hva man faktisk ønsker å finne ut, og arbeidet bør være pålitelig, relevant og generaliserbart.

Med bakgrunn i oppgavens formål som er å øke kunnskapen om hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten i byggenæringens prosjektbaserte produksjon, er det valgt å gjennomføre en blanding av kvalitative og kvantitative metoder. Tabell 2.1 presenterer hvilke metoder som er valgt for å svare på de ulike forskningsspørsmålene. Begrunnelse for valg utdypes i fortsettelsen.

**Tabell 2.1: Metodevalg for de ulike forskningsspørsmålene**

Forskningsspørsmål	Forskningsmetode
1. Hvordan har digitale verktøy endret produksjonen på byggeplass?	Kvalitativ: – Litteraturstudie – Dokumentstudie – Semistrukturerte intervju
2. Hvilke utfordringer er knyttet til digitale verktøy?	Kvalitativ: – Litteraturstudie – Dokumentstudie – Semistrukturerte intervju
3. Hvordan påvirker digitale verktøy produktivitet?	Mixed methods research (MMR): – Litteraturstudie – Dokumentstudie – Semistrukturerte intervju – Strukturerte observasjoner
4. På hvilken måte kan digitale verktøy bidra til å forbedre produktivitet?	– Bygger på de funnene fra de øvrige forskningsspørsmålene, i tillegg til semistrukturerte intervju

Litteraturstudium ble valgt for å skaffe et teoretisk grunnlag med relevant litteratur og for å etablere en grunnleggende forståelse av temaet. I tillegg hadde litteraturstudiet til hensikt å avdekke eventuelle hull og mangler i litteraturbildet. Dokumentstudie ble valgt for å få en bedre innsikt og bedre forståelse av Involverende planlegging (IP), Veidekkes metodikk for å drive fremdriftsplanlegging i prosjektbasert produksjon. Videre var det ønskelig med fyldige og detaljerte beskrivelser av håndverkere og lederne på anleggskontorene sine oppfatninger, følelser, erfaringer, meninger, holdninger og refleksjoner knyttet til temaet, derfor ble det også gjennomført semistrukturerte intervjuer.

Opgavens to første forskningsspørsmål etterspør et dypdykk og en helhetlig forståelse i tematikken. Dette gjør det naturlig å velge en kvalitativ forskningsmetode for å kunne gi en utfyllende og grundig besvarelse. Det er valgt en kombinasjon av flere kvalitative forskningsmetoder for å kompensere for de enkelte metodenes svakheter, og videre styrke validiteten til innsamlet data.

For å besvare oppgavens tredje forskningsspørsmål er det valgt å gjennomføre en kombinasjon av kvalitative og kvantitative metoder, en *mixed methods*-tilnærming. I tillegg til å skaffe et dypdykk og helhetlig forståelse i tematikken slik en kvalitativ tilnærming muliggjør, var det ønskelig å gi en indikasjon på hvordan digitale verktøy påvirker produktivitet gjennom målbare tall. Det er derfor gjennomført en kvalitativ datainnsamling i form av strukturerte observasjoner på to ulike prosjekt for å måle Prosent Planlagt Utført (PPU) og videre analysere årsaker til avvik fra planen. Selv om PPU ikke er et direkte mål på produktivitet, viser Liu og Ballard (2008) til en regresjonsanalyse som illustrerer en positiv korrelasjon mellom produktivitet og arbeidsflyt målt som PPU.

Produktivitet målt ved produktivitetsanalyser eller faktoranalyser er andre vurderte metoder, men det ville vært for ressurskrevende og omfattende for en masteroppgave som har en tidsbegrensning på 20 uker. PPU-målinger i tillegg til årsaksanalyse ble valgt, fordi det er en enkel og effektiv metode som i tillegg stemmer overens med hva samarbeidsbedriften benytter.



Oppgavens fjerde forskningsspørsmål har til hensikt å komme med forslag til forbedringer basert på funnene. Valg av metode er derfor begrunnet i de metodiske valgene for de øvrige forskningsspørsmålene, i tillegg ble det stilt spørsmål i de semistrukturerte intervjuene for å få frem intervjuobjektene forslag til forbedringer. Denne metodiske sammenhengen mellom forskningsspørsmålene er illustrert i Figur 2.1.



**Figur 2.1: Metodisk sammenheng mellom forskningsspørsmålene**

## 2.2 Litteraturstudie

Dette delkapittelet inneholder en beskrivelse av datainnsamlingsmetoden litteraturstudiet. Første del presenterer generell teori og valg av databaser. Videre beskrives gjennomføringen av litteratursøket i tillegg til metoden snowballing. Avslutningsvis blir benyttet metode for eliminering og evaluering av kilder presentert.

### 2.2.1 Databaser

Valg av databaser som er egnet å søke i er avhengig av det fagområdet det skal forskes på, og det bør derfor foretas en vurdering av hvilke databaser som har god dekning på det temaet som det skal søkes på (Johannessen et al., 2021). I denne oppgaven er det gjennomført søk i databasene Scopus, Oria og Google Scholar. Det er valgt en kombinasjon av flere databaser for å øke sannsynligheten for å finne mer litteratur, og for å unngå at relevante kilder blir utelatt. For å sikre relevans til dagens situasjon og for å utelukke utdatert informasjon ble det satt en tidsavgrensning fra 2010 til i dag under søkene i databasene. Søk i «vanlige» søkemotorer som Google ble også foretatt, da det var flere nettsider og rapporter fra anerkjente bedrifter og foreninger som virket relevante.

Scopus er en omfattende og tverrfaglig database som inneholder fagfelleverdert litteratur av høy kvalitet, hovedsakelig tidsskrifter og bokserier (Elsevier, u.å.). Søkene gjennomføres på tittel, abstrakt og nøkkelord. Dette er den mest brukte databasen, da den anses som god for å gi en grundig og utfyllende oversikt over forskningslitteratur innen temaet. Oria er universitetsbibliotekets sin database og muliggjør søk i trykte og elektroniske samlinger. Denne databasen egner seg godt for å utføre litteratursøk på norsk. Google Scholar er Googles søkemotor for vitenskapelig litteratur og inneholder bøker, artikler, rapporter og avhandlinger (Hvaale, 2022). I tillegg inneholder databasen dokumenter fra de åpne arkivene til norske og utenlandske universiteter. Utfordringen med denne databasen er at man ofte får et veldig stort antall treff og den inneholder artikler som ikke er kvalitetssikret. Databasen ble derfor hovedsakelig brukt i starten av litteraturstudiet i forbindelse med omfangsøk og i tilfeller hvor forfatteren og tittelen var kjent.

## 2.2.2 Litteratursøk

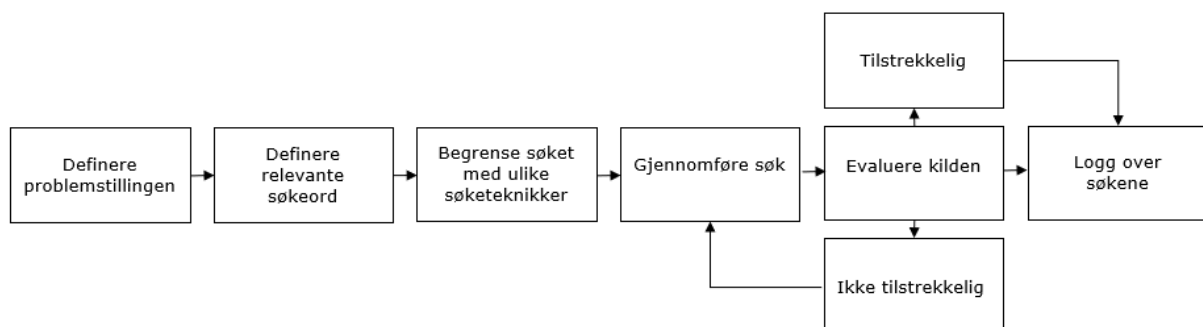
Sentrale nøkkelord innen digitalisering og prosjektbasert produksjon ble benyttet for å søke etter litteratur i de ulike databasene. For å ikke utelukke mulige relevante kilder ble det brukt ulike søkefraser på både norsk og engelsk. Eksempler på søkeord som ble benyttet er «digital tools», «digitalization», «BIM», «BIM on site», «productivity», «quality», «lean construction», «last planner system», «percent planned complete» og «construction industry».

Søkeordene ble videre kombinert ved hjelp av de boolske operatorene AND, OR og NOT. Kombinasjoner med AND ble benyttet for å spisse søket og begrense antall treff og kombinasjoner med OR ble benyttet ved behov for å utvide søket og gi flere treff. NOT-operatoren kan potensielt ekskludere relevant litteratur, og ble derfor brukt med forsiktighet. For å få med alle varianter av søkeordet ble søketeknikken trunkering benyttet. Ved trunkering søker man på stammen av ordet inkludert en stjerne (\*) for å få med entalls- og/eller flertallsendelser samt ulike varianter av ordet. Dette ble spesielt benyttet ved søk med ordet «Digitalization» ettersom det har flere skrivemåter. Tabell 2.2 viser et eksempel fra gjennomført litteratursøk med korresponderende antall treff databasen Scopus.

**Tabell 2.2: Eksempel fra gjennomført litteratursøk**

Søkefrase	Scopus
Digitalization* OR "digital tools" OR BIM	66504
Digitalization* OR "digital tools" OR BIM AND "construction industry"	4048
Digitalization* OR "digital tools" OR BIM AND "construction industry" AND "on site" OR "construction site"	355

Litteratursøket var en gjentakende prosess gjennomført med søkestrategien illustrert i Figur 2.2. Dersom resultatene fra søket ble ansett som ikke tilstrekkelig, ble søket endret og et nytt søk ble gjennomført. De kildene som ble evaluert til å være tilstrekkelig ble videre loggført.



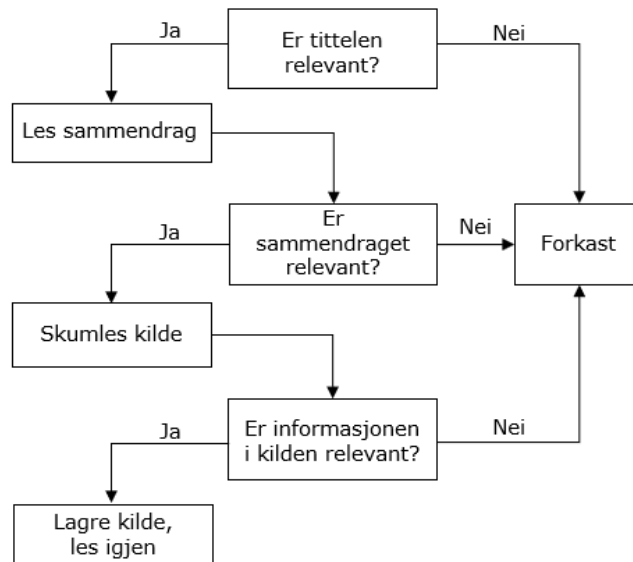
**Figur 2.2: Søkestrategi og -teknikk (Olsen, 2015)**

## 2.2.3 Snowballing

Metoden «backward snowballing» ble benyttet i tillegg til søk i ulike databaser for å identifisere ny litteratur, særlig i vitenskapelige artikler og akademiske avhandlinger var metoden til god hjelp. «Backward snowballing» innebærer å benytte referanselisten til en startlitteratur for å finne ny litteratur (Wohlin, 2014). Metoden muliggjør å finne det opprinnelige grunnlaget til kilden, men en utfordring kan være at kildene man finner er utdaterte.

## 2.2.4 Eliminering og evaluering av kilder

Ved funn av interessant litteratur ble det kontinuerlig gjennomført en evaluering av kildens relevans ved hjelp av eliminering. Elimineringsmetoden startet ved å se på kildens tittel for å vurdere relevans opp mot oppgaven. Neste steg var å lese sammendraget, i tillegg ble publiseringsdatoen vurdert og det ble undersøkt om kilden var fagfellevurdert. I siste steg ble det tatt en beslutning om kilden skal inkluderes videre til evalueringsprosessen eller forkastes. Elimineringsmetoden er illustrert i Figur 2.3.



**Figur 2.3: Elimineringsmetode**

Kildene som ble ansett som relevante etter elimineringsmetoden ble videre vurdert etter TONE-prinsippet som kjennetegnes av følgende fire nøkkelord (Overland, 2018):

1. **Troverdighet** – Kan man stole på kilden?
2. **Objektivitet** - Er kilden nøytral?
3. **Nøyaktighet** – Er kilden detaljert og presis?
4. **Egnethet** – Egner kilden seg for oppgavens formål?

En kilde som oppfyller alle punktene i TONE-prinsippet, har sannsynligvis god informasjon om det aktuelle tema som er nødvendig for å svare på oppgaven (Overland, 2018).

Majoriteten av kildene ble hentet fra vitenskapelige databaser som inneholder fagfellevurdert litteratur og ble derfor ansett som valide. For å tidlig kunne forkaste litteraturen som ikke er egnet for en akademisk oppgave, ble de resterende kildene vurdert ved hjelp av TONE-prinsippet i starten av elimineringsmetoden.

Funnene fra litteraturstudien ble videre bearbeidet ved å se etter sammenhenger, likheter og forskjeller mellom studiene. Informasjonen som er hentet ut er relevante påstander og overskrifter som anses som nødvendig for å forstå helteten i drøftingen av forskningsspørsmålene.

## 2.3 Dokumentstudie

Dokumentstudie anbefales av Olsson (2011) som en forberedende og supplerende aktivitet for innhenting av informasjon. I denne oppgaven er det gjennomført en dokumentstudie av Veidekke sin veileder for Involverende planlegging i produksjon. Selv om det studerte dokumentet er internt og gjelder spesifikk for Veidekke, finnes det tilsvarende informasjon tilgjengelig for allmennheten, blant annet i boken *Lean Construction – Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon* av Bo Terje Kalsaas.

Dokumentet ble oversendt fra ekstern veileder i Veidekke og videre analysert for å oppnå relevant bakgrunnskunnskap i Veidekke sin metodikk for å drive fremdriftsplanlegging i prosjektbasert produksjon. Dette ble gjennomført i den hensikt å gi verdifulle inngangsverdier til utarbeidelse av intervjuguiden og måleskjemaet benyttet under de strukturerte observasjonene, i tillegg til å gi en økt forståelse av det som ble sagt og gjort under intervjuene og observasjonene. Videre har funn fra teori, intervjuer og observasjoner blitt sett i sammenheng med det som står i dokumentet.

## 2.4 Intervju

Dette delkapittelet inneholder generell teori, forberedelser, gjennomføring, etterarbeid og analyse av datainnsamlingsmetoden semistrukturerte intervju.

### 2.4.1 Semistrukturerte intervju

Ifølge Tjora (2021) er ulike former for intervju den mest utbredte metoden for datainnsamling innen kvalitativ forskning. Det skilles mellom strukturerte intervju, semistrukturerte intervju og ustrukturerte intervju.

I denne oppgaven er det valgt å gjennomføre semistrukturerte intervju, også kalt dybdeintervju (Johannessen et al., 2021). Semistrukturerte intervju kjennetegnes ved at intervjueren tar utgangspunkt i en overordnet intervjuguide, men spørsmål, temaer og rekkefølge kan variere (Tjora, 2021). Spørsmålene som stilles er åpne og kun veiledende for samtalen, og det er tillatt med digresjoner fra intervjuobjektet sin sine for å komme inn på viktige og relevante tema som ikke er formulert på forhånd.

Det ble vurdert som fordelaktig å utarbeide en intervjuguide på grunn av at intervjueren har begrenset erfaring med å holde intervju. Videre var det ønskelig å skape en fri samtale og få intervjuobjektet til å reflektere over egne meninger og erfaringer rundt temaet, noe semistrukturerte intervju legger til rette for.

### 2.4.2 Forberedelser

For rekruttering av intervjuobjekter er det benyttet et strategisk utvalg. Det innebærer å velge objekter som kan uttale seg på en reflektert måte, og som har kjennskap, meninger og kunnskap om det aktuelle temaet (Dalland, 2017; Tjora, 2021). Det strategiske utvalget ble gjennomført i samarbeid med ekstern veileder i Veidekke. Dette for å sikre tilgangen på nøkkelpersoner med kunnskap og erfaring om tematikken, og for å gi oppgaven troverdig, nøyaktig og egnet informasjon. Det ble besluttet å intervjuer både ledere på anleggskontoret og håndverkere for å skape et mer helhetlig bilde av erfaringene de ulike deltakerne har med digitale verktøy.

En forespørsel om intervjudeltagelse ble sendt på e-post til de aktuelle kandidatene. E-posten inneholdt i tillegg informasjon om forskeren, bakgrunn for intervjuet,

masteroppgavens formål og forskningsspørsmål, samt rammene for intervjuet. Sted og tidspunkt for intervju ble avtalt med hvert enkelt intervjuobjekt.

En intervjuguide med liste over temaer og spørsmål ble utarbeidet i samråd med veileder ved NTNU. Spørsmålene ble formulert med utgangspunkt i å svare på forskningsspørsmålene, og for å dekke informasjonsbehovet for oppgaven. Intervjuguiden ble sendt til intervjuobjektet noen dager før avtalt intervjutidspunkt for å minne om de praktiske forholdene rundt gjennomføringen, og for å gi intervjuobjektene mulighet til å forberede seg, se og reflektere over spørsmålene. Intervjuguiden kan leses i *Vedlegg B: Intervjuguide*.

Før oppstart av datainnsamlingen ble masteroppgaven meldt inn til Norsk senter for forskningsdata (NSD). Dette fordi det er et krav om at forskningsprosesser som behandler personopplysninger elektronisk skal meldes inn til NDS for å sikre at innsamling og lagring av persondata blir gjennomført på riktig måte (NTNU, u.å.-a). Denne oppgaven faller inn under dette kravet da det var planlagt å ta lydopptak av samtaler, noe som innebærer registrering, lagring og behandling av personopplysninger. Det ble i etterkant av innsendingen gitt tillatelse til å sette i gang med datainnsamlingen. Grunnet personvern er alle deltakere anonymisert, og all data vil bli slettet etter endt forskningsperiode. Alle deltakere som har mottatt en forespørsel om å bidra til forskningen er tilsendt *Vedlegg A: Informasjonsskriv*.

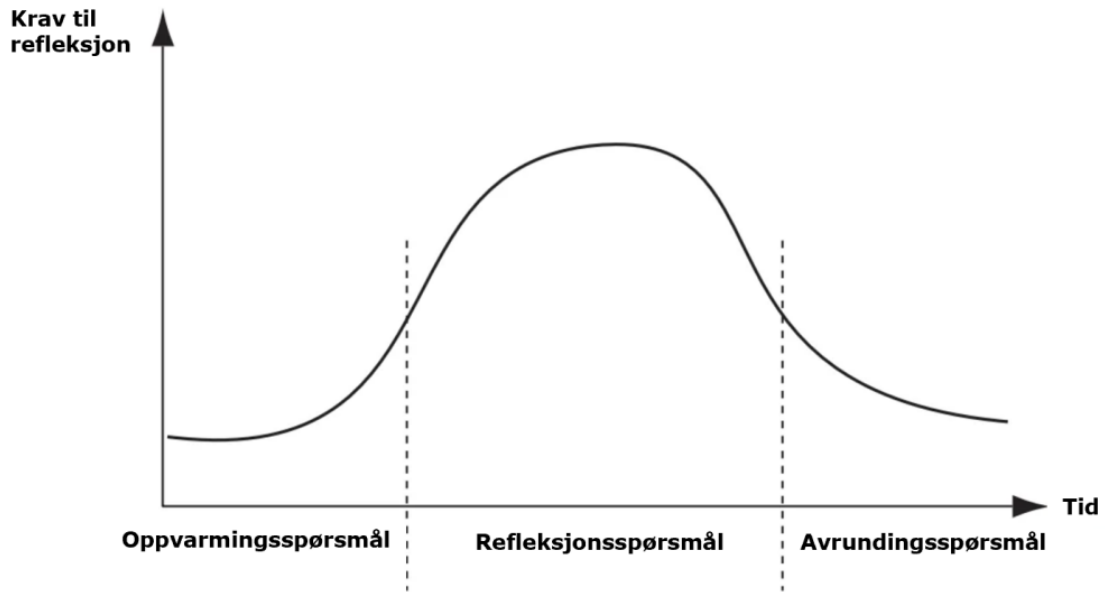
### 2.4.3 Gjennomføring

Informasjonen som kommer frem under et intervju er ifølge Johannessen et al. (2021) avhengig av relasjonen mellom deltakerne. Situasjonen eller rammen rundt intervjuet er et forhold som kan påvirke intervjuet og dreier seg om stedet intervjuet foregår. Et intervju kan foregå ansikt til ansikt, på telefon eller digitalt på internett. Både Tjora (2021) og Johannessen (2021) påpeker at intervjuene bør gjennomføres et sted informanten føler seg trygg, slapper av og ikke blir forstyrret. Det kan videre være greit å la intervjuobjektet velge stedet hvor intervjuet skal finne sted. Alle intervjuene ble gjennomført ansikt til ansikt på de ulike intervjuobjektene arbeids plass. Tidligere erfaring har vist at fysisk oppmøte gir en bedre kvalitet både med tanke på lyd og flyt i samtalen. I tillegg oppleves det som en fordel at man i det virkelige liv kan lese kroppsspråk og situasjonen i rommet intervjuobjektene er i.

Intervjuene ble etter samtykke fra intervjuobjektene dokumentert ved hjelp av lydopptak. Dette for å ikke gå glipp av viktig informasjon og sikre at innhentet data analyseres mest mulig korrekt. Videre gjør lydopptak at man lettere kan konsentrere seg om objektet som snakker, samt sørge for god kommunikasjon og flyt underveis i intervjuet.

Før intervjuet startet ble det gjennomført en kort presentasjon av forskeren, masteroppgaven og hvordan intervjuet skulle gjennomføres. Det ble forklart hvordan intervjuet dokumenteres og hva som gjøres med datamaterialet når prosjektet er avsluttet. Videre ble det presisert at det er garantert anonymitet, og at intervjuobjektet har rett til når som helst å avslutte intervjuet. Varigheten på intervjuet ble antydning å vare i underkant av en time. Dersom intervjuobjektet hadde spørsmål i forbindelse med intervjuet eller intervjuguiden ble dette forsøkt svart.

Et semistrukturert intervju kan ifølge Tjora (2021) utformes på flere måter, men går i grove trekk gjennom fasene oppvarming, refleksjon og avrundning. Fasene skiller seg fra hverandre ved at de inneholder forskjellige spørsmål med ulike krav til refleksjon fra intervjuobjektet, se Figur 2.4.



**Figur 2.4: Intervjuets struktur (Tjora, 2021)**

Intervjuet startet med å stille oppvarmingsspørsmål, dette var fakta og introduksjonsspørsmål. Faktaspørsmålene som ble stilt var enkle og krevde relativt korte svar. Introduksjonsspørsmål har til formål å introdusere temaet for intervjuet og at intervjuobjektet skal komme med sine egne erfaringer og betraktninger før intervjuet går vurdere til hovedspørsmålene (Johannessen et al., 2021). Et eksempel på et introduksjonsspørsmål som ble stilt var: «Hva tenker du generelt om bruk av digitale verktøy i produksjon?».

Refleksjonsspørsmålene omhandler hovedspørsmålene i intervjuguiden og utgjør selve kjernen i intervjuet. Mesteparten av tiden brukes ble brukt på disse spørsmålene og kjennetegnes ved at forskeren går mer i dybden og reflekter. For å gjøre det lettere å holde orden på spørsmålene er det hensiktsmessig å dele intervju spørsmålene i ulike temaer ifølge Tjora (2021). Spørsmålene har på bakgrunn av dette tatt utgangspunkt i oppgavens forskningsspørsmål.

Intervjuobjektene fikk fritt spillerom til å ta opp ønskede tema som ikke var formulert i intervjuguiden på forhånd. På denne måten dukket det opp interessante funn som trolig ikke ville ha blitt avdekket i et strukturert intervju. Samtalene ble mer fri og uformell etter hvert som partene ble mer komfortable med intervjusituasjonen, og ble i større grad drevet av intervjuobjektet selv. Ved behov ble det stilt oppfølgingsspørsmål for å få dekket og utdypet viktige tema eller for å holde samtalen i gang.

Avslutningsvis ble intervjuet rundet av ved å stille spørsmål som ledet intervjuobjektet bort fra refleksjonsspørsmålene. Intervjuet ble oppsummert og det ble satt av tid til å tilføye, endre og kommentere. Forskeren takket til slutt fint for innsatsen til intervjuobjektet. Intervjuene hadde en varighet på underkant av én time.

Det ble totalt gjennomført ni intervjuer av anleggsledere, driftsledere, arbeidsledere, baser og håndverkere fra fem ulike prosjekt i Veidekke Bygg Trondheim i perioden februar 2023 til april 2023. Tabell 2.3 viser en oversikt over intervjuobjektene, i den rekkefølgen intervjuene ble gjennomført. Intervjuobjektene er som tidligere beskrevet ikke navngitt av hensyn til personvern.

**Tabell 2.3: Oversikt over intervjuobjektene**

#	Stilling	Utdanning	Erfaring	Dato
1	Driftsleder betong	Fagbrev	45 år	23.02.2023
2	Arbeidsleder	Teknisk fagskole	23 år	23.02.2023
3	Bas betong	Fagbrev	36 år	16.03.2023
4	Arbeidsleder og driftsleder	Fagbrev	34 år	16.03.2023
5	Arbeidsleder	Fagbrev	16 år	20.03.2023
6	Tømrer	Fagbrev	18 år	20.03.2023
7	Anleggsleder	Fagbrev	40 år	31.03.2023
8	Bas armering	Fagbrev	24 år	31.03.2023
9	Arbeidsleder	Teknisk fagskole	18 år	18.04.2023

#### 2.4.4 Etterarbeid

Etter gjennomføring av hvert enkelt intervju ble lydopptakene kontrollert om de fungerte slik de skulle. Opptakene ble videre lastet opp i en mappe i Microsoft Teams som bare forskeren hadde tilgang til. Dette ble gjort for å ta hensyn til sikker lagring av personopplysninger og for å sikre at data ikke gikk tapt ved en eventuell uforutsett hendelse.

Kort tid etter gjennomføring ble intervjuene transkribert, med både inntrykkene og opplevelsene friskt i minne. Ifølge Tjora (2021) er det vanskelig å vite hva som er hensiktsmessig detaljeringsnivå på transkriberingen i det man begynner, og det kan være smart å være mer detaljert enn man tror er nødvendig. Lydopptakene ble derfor transkribert ordrett. Transkriberingen ble ved ønske sendt til intervjuobjektet for godkjenning. Alle lydfiler og transkripsjoner ble slettet 12. juni 2023.

#### 2.4.5 Analyse av intervjudata

Første steg i analysen av intervjudata var koding. Kodingen ble gjennomført i NVivo, et program som er utviklet for å organisere, analysere og få innsyn i kvalitative data (NTNU, u.å.-b). Det ble ansett å være det enkleste i denne oppgaven å utvikle koder fra forskningsspørsmål og intervjuguide. Dette ble likevel unngått, for å redusere påvirkningen av forskerens forventninger og såkalte «magefølelse». Det ble derfor gjennomført en *induktiv empirinær koding*, som kjennetegnes ved at den ligger svært tett på empirien og bruker begreper som allerede finnes i datamaterialet for å bevare innholdet (Tjora, 2021). Målet er at kodene skal ivareta det spesifikke i materialet og ligge tett på utsagn fra intervjuobjektene.

Arbeidsmåten startet med å opprette koder i transkripsjonen fra det første intervjuet, også kalt *analysedokument*. Tjora (2021) definerer koder som «[...] et ord eller frase, en setning, del av setning, et utsagn, en dialog, eller kanskje et avsnitt i dokumentet» (s.219). Etter å ha gått igjennom det første dokumentet, ble resten av dokumentene systematisk gjennomgått. Dataen ble kodet i de kodene som allerede var opprettet og det ble laget nye koder ved behov. Ettersom kodingen var empirinær, var det få koder som ble gjenbrukt, og det ble som oftest laget en ny kode. Dette resulterte i en liste med et stort antall koder som ble generert induktivt med utgangspunkt i analysedataen.

Videre ble kodene som lignet hverandre i innhold og tema gruppert i samme hovedgruppe, og de som ble betraktet som irrelevante ble fjernet. Hovedgruppene utgjorde hovedtemaene i analysen og la videre føringer for strukturen i resultatene. I tilfeller hvor

det var ønskelig å skille mellom hvem som uttalte hva, omtales intervjuobjektene som driftslederen, en av basene, tømreren eller anleggslederen.

## 2.5 Observasjoner

Dette delkapittelet inneholder generell teori, forberedelser, gjennomføring og etterarbeid av datainnsamlingsmetoden observasjoner.

### 2.5.1 Strukturerte observasjoner

Observasjoner er en forskningsmetode som samler inn data gjennom å direkte eller indirekte være til stede og observere mennesker i arrangerte eller naturlige situasjoner (Johannessen et al., 2021). Det skilles mellom strukturerte og ustrukturerte observasjoner.

I denne oppgaven er det valgt å gjennomføre *strukturerte observasjoner* på bakgrunn av at informasjonen som registreres er av kvantitativ karakter. Strukturerte observasjoner kjennetegnes ved at forskeren benytter et observasjonsskjema som inneholder forhåndsbestemte kategorier som bestemmer hva som skal observeres og registreres (Johannessen et al., 2021).

### 2.5.2 Forberedelser

Det er gjennomført strukturerte observasjoner i lagsmøter for to ulike prosjekt over en tidsperiode. Hensikten var å måle Prosent Planlagt Utført (PPU) og videre analysere eventuelle årsaker til at arbeidsoppgavene ikke ble gjennomført i henhold til planen.

Ekstern veileder fra Veidekke satte forskeren i kontakt med to aktuelle prosjekt. Videre ble en forespørsel om deltakelse sendt på e-post til anleggslederen for de aktuelle prosjektene. E-posten inneholdt informasjon om forskeren, bakgrunn for observasjonen, masteroppgavens formål og forskningsspørsmål. Sted og tidspunkt for observasjon ble avtalt nærmere med hvert enkelt prosjekt.

Et observasjonsskjema med predefinerte kolonner ble utarbeidet for å gjøre det raskt og enkelt å notere det som ble sagt under observasjonene, uten å måtte skrive lange setninger. Inkludert i skjemaet var navnet på prosjektet, ansvarlig for aktiviteten, beskrivelse av aktiviteten, dato for da aktiviteten var planlagt utført og dato for da den faktisk ble fullført. I tillegg ble det laget kolonner over de mest vanlige årsakene til avvik, disse ble hentet fra Veidekke sin veileder for Involverende planlegging i produksjon og tar utgangspunkt i de 7 forutsetningene for en sunn aktivitet. Observasjonsskjemaet kan leses i *Vedlegg C: Observasjonsskjema*.

Det ble avtalt med de ulike prosjektene at lagsplanene skulle sendes til forskeren i forkant av lagsmøtene, slik at forskeren kunne forberede seg og dermed lettere henge med under observasjonen. Kolonnene «prosjekt», «ansvarlig», «aktivitet» og «planlagt utført» ble derfor fylt ut i forkant av lagsmøtene.

### 2.5.3 Gjennomføring

Alle lagsmøtene hadde en relativt lik struktur og startet med en oppsummering av forrige ukes fremdrift og HMS, før lagsplanene for den kommende uken ble gjennomgått med håndverkerne. Dersom det ble gjort endringer i de kolonnene forskeren hadde fylt ut i forkant ble disse endret i observasjonsskjemaet umiddelbart.



Etter at lagsmøtet var ferdig, ble forrige ukes observasjonsskjema gjennomgått og kolonnen «faktisk utført» ble utfylt. Ved eventuelle avvik fra planen ble det stilt oppfølgings spørsmål om hva som var årsaken, og kolonnene «årsak til avvik» og «kommentar» kunne fylles ut. I tillegg til å gjennomgå forrige ukes skjema ble også skjemaet fra den gjeldende uken gjennomgått for å sikre at forskeren ikke hadde mistolket eller utelatt relevant informasjon som ble sagt under observasjonen.

Det er gjennomført totalt 12 observasjoner i lagsmøter fra to ulike prosjekt i Veidekke Bygg Trondheim i perioden februar 2023 til mai 2023. Et prosjekt som benytter analoge løsninger i kombinasjon med digitale verktøy, og et heldigitalt og papirfri prosjekt. Begge prosjektene var i startfasen av betongarbeidet.

Alle lagsmøtene i Veidekke gjennomføres hver mandag på samme tidspunkt, forskeren måtte derfor fullføre alle observasjonene for et prosjekt før observasjonene i det neste prosjektet kunne begynne. I tillegg ble oppstart av arbeidet for det heldigitale og papirfrie prosjektet utsatt, og lagsmøtene kom ikke i gang før uke 16. Dette gjorde at observasjoner ble gjennomført tett opp mot oppgavens innlevering.

Tabell 2.4 og Tabell 2.5 viser en oversikt over alle observasjonene i den rekkefølgen de ble gjennomført. Grunnet anonymitet er ikke navnet på prosjektene angitt. I uke 20 ble det ikke gjennomført målinger pga. helligdager og få arbeidsdager med produksjon.

**Tabell 2.4: Observasjoner ved analogt kombinert med digitalt prosjekt**

Situasjon	Varighet	Uke	Dato
Lagsmøte analogt og digitalt prosjekt	1 time	7	13.02.2023
Lagsmøte analogt og digitalt prosjekt	1 time	8	20.02.2023
Lagsmøte analogt og digitalt prosjekt	1 time	9	27.02.2023
Lagsmøte analogt og digitalt prosjekt	1 time	10	06.03.2023
Lagsmøte analogt og digitalt prosjekt	1 time	11	13.03.2023
Lagsmøte analogt og digitalt prosjekt	1 time	12	20.03.2023

**Tabell 2.5: Observasjoner ved heldigitalt og papirfri prosjekt**

Situasjon	Varighet	Uke	Dato
Lagsmøte heldigitalt og papirfri prosjekt	1 time	16	17.04.2023
Lagsmøte heldigitalt og papirfri prosjekt	1 time	17	24.04.2023
Lagsmøte heldigitalt og papirfri prosjekt	1 time	18	02.05.2023
Lagsmøte heldigitalt og papirfri prosjekt	1 time	19	08.05.2023
Lagsmøte heldigitalt og papirfri prosjekt	1 time	21	22.05.2023
Lagsmøte heldigitalt og papirfri prosjekt	1 time	22	29.05.2023

#### 2.5.4 Etterarbeid

Etter observasjonene ble notatene umiddelbart gjennomgått og ved behov ble det gjort nødvendige utfyllinger. Dette for å unngå tap av verdifull informasjon. Videre ble PPU-verdien for den aktuelle uken regnet ut ved å ta antall utførte aktiviteter delt på antall planlagte aktiviteter. Observasjonsdataen ble videre presentert i en tabeller og figurer som kan ses i delkapittel 4.6 i resultatkapittelet.

## 2.6 Kritisk vurdering av forskningsmetoder

Reliabilitet og validitet er to kriterier som ofte benyttes som indikatorer på kvalitet i forskning (Tjora, 2021). Reliabilitet, eller pålitelighet, er knyttet etterprøvnbarhet og er et mål på om man måler på riktig måte (Olsson, 2011). Det er en god reliabilitet dersom de samme målingene gjentas under samme forhold med de samme resultatene. Validitet, eller gyldighet, angir hvor godt eller relevant den innsamlede dataen representerer det man ønsker å måle (Olsson, 2011). En høy validitet samsvarer med å ha data som er relevant for problemstillingen.

Videre presenteres en kritisk vurdering av forskningsmetodene litteraturstudie, dokumentstudier, intervju og observasjoner.

### 2.6.1 Litteraturstudie

Litteraturstudie som metode muliggjør å samle mye informasjon på kort tid og har vist seg å være overkommelig med tanke på gjennomførbarhet. En svakhet med metoden er at det finnes mye tilgjengelig informasjon som følgelig gir et stort spenn i kvalitet. For å unngå at oppgavens validitet ikke skal bli betydelig svekket har det derfor vært et fokus å sørge for at utvalgte kilder er pålitelig, troverdig og relevant for temaet. Det har også vært en bevissthet om å ikke inkludere masse unødvendig teori som ikke blir anvendt videre i oppgaven.

Litteratursøket viste at oppgavens tema er nokså nytt i byggebransjen til tross for at digitalisering og digitale verktøy er to velkjente begrep. Det har derfor vært en utfordrende prosess å finne gode og relevante publikasjoner som beskriver nåtidens bruk av digitale verktøy i produksjonsprosessen, spesielt blant håndverkere. Store deler av forskningen rundt digitale verktøy omhandler prosjekteringsprosessen (Bråthen & Moum, 2016; Merschbrock & Nordahl-Rolfsen, 2016).

Slik som tidligere nevnt er det foretatt søk på norsk og engelsk. Majoriteten av benyttet litteratur er likevel skrevet på engelsk. Prosessen med å oversette engelsk litteratur skrevet på et veldig akademisk språk har til tider vært en utfordrende prosess. Det bør dermed ikke utelukkes at relevant informasjon kan ha gått tapt under oversettelsen.

Litteratursøket ble først avgrenset til perioden 2010-2023 for å sikre relevans til dagens situasjon i byggebransjen og for å unngå «utgåtte» artikler. Baksiden er at relevante artikler kan ha blitt oversett. Med metoden «backward snowballing» ble dette delvis unngått ved at metoden har bidratt til å finne litteratur som ikke har dukket opp i søkene og eldre, relevant og god litteratur har dermed blitt vurdert. I tillegg ble det også gjennomført noen søk uten tidsavgrensning.

### 2.6.2 Dokumentstudie

En svakhet med dokumentstudiet er at dokumentet som er analysert er produsert for andre formål enn forskning. Videre er en begrensende faktor at det kun er studert et dokument. Likevel har dokumentstudie fungert som et godt tilskudd til oppgavens pålitelighet kombinert med metodene litteraturstudie, intervjuer og observasjoner. Gjennom de ulike intervjuene og observasjonene av håndverkere og ledere i Veidekke er også validiteten i metoden sikret.

### 2.6.3 Intervju

Det opplevdes som problemfritt å rekruttere intervjuobjekter, da en ekstern veileder fra Veidekke satte forskeren i kontakt med både håndverkere og ledere som hadde bred

kjennskap, meninger og kunnskap om temaet. Forskeren fikk utelukkende positive tilbakemeldinger på forespørslene. De totalt ni intervjuobjektene som har bidratt i datainnsamlingen anses som representative for sitt fagfelt og sin rolle. Intervjuobjektene har jobbet på mange forskjellige byggeprosjekter. De fleste har over 20 års erfaring fra prosjektbasert produksjon og har vært med både før og etter digitale verktøy ble tatt i bruk. Dette bidrar til å sikre validitet i resultatene. I tillegg har alle de som jobber som ledere på anleggskontoret tidligere jobbet som håndverker ute i produksjonen på byggeplass. Dette bidrar til å sikre høy pålitelighet i resultatene.

For å få et enda mer helhetlig bilde av hvordan digitale verktøy kan bidra til å forbedre produktivitet i prosjektbasert produksjon, ville det vært fordelaktig og intervju flere ledere med en akademisk grad. I tillegg kunne det vært interessant å intervju flere håndverkere fra den yngre garde, som ikke har erfaring fra den analoge tiden.

Gjennomføringen av intervjuene har medført noen utfordringer. Flere av intervjuobjektene svarte det samme på flere spørsmål og det var i enkelte tilfeller vanskelig å få tilstrekkelige svar. En mulig forklaring er at forskeren hadde liten erfaring med å gjennomføre intervju og semistrukturerte intervjuer krever stiller høye krav til intervjueren. Det ble likevel oppfattet som en styrke at man har mulighet til å hoppe over og tilføye spørsmål underveis ved semistrukturerte intervju. Dette gjorde det mulig å få bekreftet intervjuobjektens svar dersom noe var uklart slik at misoppfatninger lettere kunne unngås.

#### 2.6.4 Observasjoner

Det var i utgangspunktet ønskelig å gjennomføre observasjonene og måle Prosent Planlagt Utført (PPU) på et analogt og et digitalt prosjekt for å videre sammenlikne resultatene. Å finne et digitalt og papirfritt prosjekt var en enkel sak, men det var utfordrende å finne et hundre prosent analogt prosjekt, ettersom de fleste prosjektene i dag bruker noen form for digitale verktøy. Sammen med veileder fra NTNU og ekstern veileder fra Veidekke ble det besluttet at målingene skulle gjennomføres på et prosjekt med en mindre grad av digitalisering og som bruker analoge løsninger i form av papirtegninger og dokumenter i kombinasjon med digitale verktøy.

Med tilsendte lagsplaner i forkant av lagsmøtene, i tillegg til en gjennomgang etter observasjonen var det få utfordringer med selve gjennomføringen av metoden. Forskeren hadde tett kommunikasjon med prosjektene underveis dersom det var spørsmål. Typiske spørsmål forskeren kunne stille var om enkelte aktiviteter uten logisk sammenheng som sto på samme lagsplan skulle føres opp som to ulike aktiviteter eller slås sammen til en, eller spørsmål rundt planlagt ferdigstilling av en aktivitet dersom det ikke kom tydelig nok frem på lagsplanen og lagsmøtet.

Metodens reliabilitet er avhengig av hva som etterprøves. Det anses som en tilnærmet umulig oppgave å gjennomføre en tilsvarende måling under de samme forholdene, da det ikke vil være mulig å skape et likt utgangspunkt som det man hadde før målingene startet. Dette ville krevd to identiske prosjekter som de som er målt, med samme prosjektorganisasjon og forutsetninger for gjennomføring. Likevel vil det være mulig å etterprøve resultatene. Dette kan gjøres ved å gjennomgå de utfylte observasjonsskjemaene og videre spørre håndverkere og lederne på anleggskontoret om den registrerte dataen stemmer. Videre vil det være mulig å gå tilbake å se på antall aktiviteter oppført på lagsplanene som ble tilsendt forskeren og kontrollere at de stemmer overens med de som er fylt ut i observasjonsskjemaet. Metoden vil dermed ha en god

reliabilitet dersom de utfylte observasjonsskjemaene brukes som rådata for å gjenskape resultatene.

Måling av PPU er en tidkrevende prosess ettersom man kun får ett datapunkt pr. uke. Slik som tidligere nevnt gjennomføres alle lagsmøtene i Veidekke på samme tidspunkt, forskeren måtte derfor fullføre alle observasjonene for et prosjekt før observasjonene i det neste prosjektet kunne begynne. Dette satte begrensninger i antall målinger som var mulig å gjennomføre innenfor oppgavens tidsbegrensning.

I sin avhandling skrev Ballard (2000) at dersom det er lavt antall aktiviteter på ukeplanen, kan det være en utfordring hvor godt den målte PPU-verdien gjensker de faktiske forholdene. Dette kommer av at eventuelle avvik da vil gi store utslag på PPU-verdien. Resultatene fra målingene presentert i Tabell 4.1 og Tabell 4.2 viser at det er et varierende antall planlagte aktiviteter. De ukene med færre aktiviteter har dermed fått et større antall utslag på PPU-verdien ved avvik fra planen. En annen utfordring med måling av PPU er ifølge Kalsaas (2017) at målingene er lett å manipulere gjennom å senke forventningene til hvor mye som skal produseres en uke. Det ingen økonomiske insentiver knyttet til disse målingene, og det er derfor liten grunn til å tro at prosjektene hadde noen form for vinning i å ønske å forstyrre målingene. Likevel må det tas i betraktning.

Slik som tidligere nevnt er det i tillegg til å måle PPU registrert årsaker til avvik kategorisert etter de 7 forutsetningene for en sunn aktivitet. Det kan likevel tenkes at enkelte av årsakene til avvik kunne endret seg dersom det ble gjennomført en grundigere analysemetode som finner den bakenforliggende årsaken til at avviket skjedde. For eksempel hvis den første årsaken til avvik skyldes manglende mengde materialer, kan det etter en grundigere analyse komme frem at den bakenforliggende årsaken skyldes mangelfull planlegging. Dette er ikke tatt hensyn til i hele gjennomføringen av metoden, da den i flere tilfeller kun registrerte hvilken kategori den umiddelbare årsaken var. Hvor grundig årsakene til avvik ble analysert fra uke til uke var avhengig av tiden prosjektdeltakerne hadde til gode og hvor villig de var til å utdype hvorfor avviket skjedde.

På bakgrunn av de overnevnte utfordringene kan det diskuteres hvor stor grad målingene kan trekke gyldige slutninger om PPU-verdien til de to prosjektene. Metoden regnes likevel som tilfredsstillende da den har til hensikt å gi en indikasjon på produktivitet og videre sammenlikne de to ulike prosjektene.

## 2.7 Gjenbruk av prosjektoppgave

Forskeren har tidligere skrevet prosjektoppgave innenfor samme temaet. Enkelte delkapittel i oppgaven er derfor gjenbruk av tekst fra tidligere arbeider. Deler eller hele av følgende delkapittel er hentet fra prosjektoppgaven og tilpasset denne oppgaven:

- 1.5 Deklarasjon
- 2.1 Forskningsmetode
- 2.2 Litteraturstudie
- 2.4 Intervju
- 3.2 Produktivitet

## 3 Teori

I dette kapitlet presenteres teori om byggeprosessen, produktivitet, Last Planner, Prosent Planlagt Utført (PPU) og digitalisering. Teorien benyttes som ramme og danner grunnlaget for senere diskusjon.

Kapitlet starter med å sette produksjonen inn i en sammenheng ved hjelp av en prosjektmodell. Deretter defineres og beskrives begrepet produktivitet og Last Planner som er et system for planlegging og kontroll i prosjektbasert produksjon, før det går dypere inn på Prosent Planlagt Utført (PPU). Avslutningsvis presenteres resultatene fra litteraturstudien om temaet digitalisering, generelt og spesifikt for både bygge- og anleggsbransjen og produksjonsprosessen.

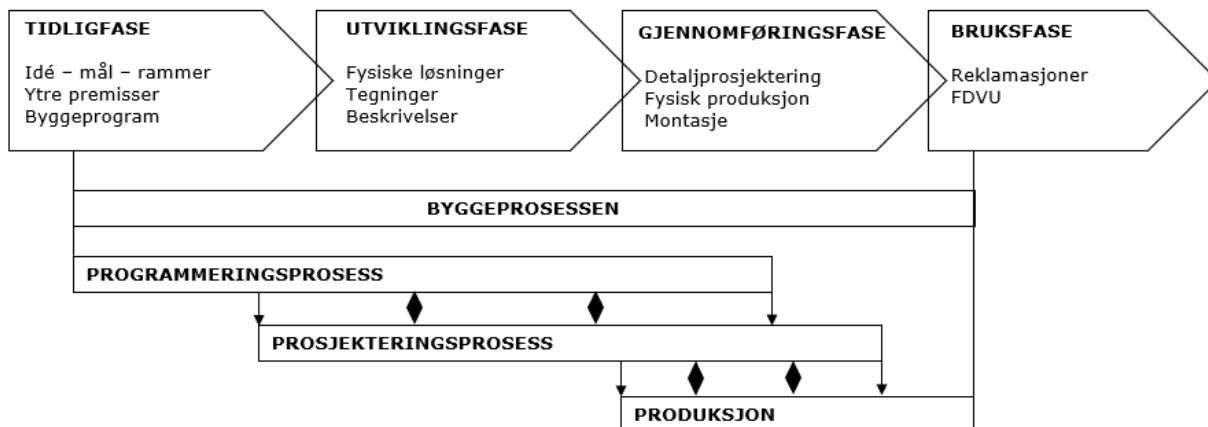
### 3.1 Byggeprosessen

En prosjektmodell er en modell som definerer faser og kontrollporter for gjennomføring av prosjekter, og innenfor hver fase kan arbeidet utføres etter ulike metoder eller prosesser (Rolstadås, 2023). Ifølge Klakegg (2023) finnes det mange eksempler på prosjektmodeller. De fleste har likevel tydelige fellestrekk i form av overordnede beslutninger som konseptvalg og endelig vedtak om gjennomføring (Klakegg, 2023). En kjent modell innen bygg, anlegg og eiendom som definerer trinn og leveranser er *Neste Steg*, utviklet av Bygg 21 (Rolstadås, 2023). Et annet eksempel er *Statens prosjektmodell*, som er et rammeverk for utredning og planlegging av store statlige investeringsprosjekter (Rolstadås, 2023).

I denne oppgaven er det valgt å ta utgangspunkt i Eikeland (2001) sin måte å organisere byggeprosesser på. Eikeland (2001) deler byggeprosessen inn i følgende tre delprosesser for få bedre oversikt og forståelse over sammenhengende: *administrative prosesser*, *kjerneprosesser* og *offentlige prosesser*. Kjerneprosessene omfatter de prosessene som har en beskrivelse eller produksjon av det planlagte byggverket som sitt resultat, og består av en *programmeringsprosess*, *prosjekteringsprosess* og *produksjonsprosess*.

Det er en viss rekkefølge mellom kjerneprosessene selv om det som oftest er en betydelig overlapp i tid (Eikeland, 2001). Dette gjør det vanlig å se dette som at byggeprosessen går inn i en ny fase når prosjekteringsprosessen starter og deretter produksjonen.

Videre deler Eikeland (2001) byggeprosessen inn i fasene *tidligfase*, *utviklingsfase*, *gjennomføringsfase* og *bruksfase*. En fase er en definert periode innenfor et prosjekt som har til formål å gi en overordnet kontroll av planlegging, styring og gjennomføring av prosjektet. Faseinndelingen er deskriptiv og generisk. Det innebærer at den beskriver faktiske, generelle trekk ved forløpet av byggeprosesser og at de vil finnes i alle byggeprosjekter. Figur 3.1 viser byggeprosessens faser sett i sammenheng med kjerneprosessene.



**Figur 3.1: Byggeprosessens faser (Eikeland, 2001)**

Denne studien legger hovedsakelig vekt på produksjonsprosessen, som tidligere er beskrevet som en av byggeprosessens kjerneprosesser. Her gjennomføres planene og beslutningene som er truffet i de tidligere fasene og typiske aktiviteter er materiallogistikk, fremdriftsplanlegging, produksjonsteknologi og planoppfølging (Eikeland, 2001).

## 3.2 Produktivitet

På bakgrunn av at oppgavens formål er å øke kunnskapen om hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten i byggenæringens prosjektbaserte produksjon er det hensiktsmessig å gå litt inn på produktivitetsbegrepet.

Det finnes mange ulike definisjoner av begrepet produktivitet, og til dels betydelige forskjeller i hvordan man betrakter fenomenet. Veiseth et al. (2004) hevder at det skyldes den ulike bevisstheten og utviklingen av begrepet mellom ulike bransjer. Jonsson (1996) viser til følgende generelle definisjon på produktivitet som også gjelder for BAE-bransjen:

$$\text{Produktivitet} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Hvor *output* måler hvor mye som faktisk er produsert og *input* er ressursene som er benyttet.

Sett fra en entreprenørs perspektiv, kan en høyere produktivitet føre til et større konkurransefortrinn, mer fornøyde kunder, høyere omsetning og økt fortjeneste (Horner og Duff, 2001, sitert i Veiseth et al., 2004, s. 8).

### 3.2.1 Produktivitetmålinger

Produktivitetmålinger regnes ut for å finne forholdet mellom resultater (output) og innsatser (input) (Albriksen, 1989). Arditi og Mochtar (2000) viser til tre måter for måling av produktivitet:

- *Arbeidsproduktivitet (AP)*: Måler forskjellen mellom veksten i produksjon (output) uttrykt i spesifikke fysiske enheter og veksten i arbeidsinnsatsen (input) uttrykt i timeverk.
- *Total faktorproduktivitet (TFP)*: Er en økonomisk modell som måler forholdet mellom produksjonsvekst (output) og veksten i alle innsatsfaktorene (input) som bedriftene betaler for, herunder arbeidskraft, materialer, utstyr, energi og kapital.

- *Prosjektspesifikk total produktivitet (TP)*: Måler forholdet mellom resultatet (output) uttrykt i en fysisk enhet og innsatsfaktor (input) målt i penger. Innsatsfaktorene inkluderer arbeidskraft, utstyr, materialer og ledelse.

For at produktiviteten skal kunne forbedres må innsatsfaktorene reduseres eller verdiskapningen økes. Albrigtsen (1989) peker på tre faktorer som kan bidra positivt til å øke produktiviteten:

1. Forbedring av arbeidskraft gjennom opplæring, utdanning, erfaring og lønnsinsitamenter
2. Forbedring innenfor eksisterende teknikk
3. Ny og bedre teknikk tas i bruk, for eksempel ved hjelp av informasjonsteknologi (IT) og digitalisering

### 3.3 Last Planner

Last Planner, også kalt Last Planner System, stammer fra Lean Construction, som har sine røtter i Japansk bilindustri, nærmere bestemt Toyotas produksjonssystem og «lean» produksjon (Kalsaas, 2017). Glenn Ballard og Greg Howell var sentral i utviklingen av Last Planner, som er et system for planlegging og kontroll med hovedfokus på å tilstrebe forutsigbar flyt i prosjektbasert produksjon (H. G. Ballard, 2000). «Å flyte godt» innebærer at aktiviteter utføres i riktig rekkefølge, uten vesentlig venting, og ved riktig utførelse første gangen.

Sentralt i Last Planner er involvering, samarbeid, kommunikasjon, håndtere usikkerhet og endringer samt å få ting til å skje, herunder systematisk fjerne hindringer før produksjon (Kalsaas, 2017). Videre er involvering med hensyn til håndverkere og horisontalt mellom prosjekterende og utførende entreprenør viktige underliggende prinsipp.

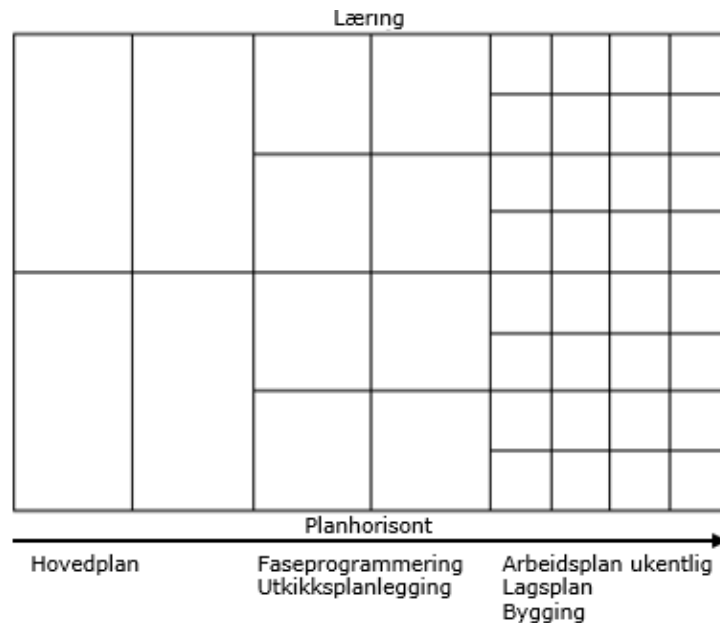
Digitalisering og automatisering av Last Planner kan være fristende, men ifølge Kalsaas (2017) hevder det kan føre til at de grunnleggende og avgjørende egenskapene som gir Last Planner sin styrke med hensyn til involvering da kan miste sitt potensial.

#### 3.3.1 Prinsippene i Last Planner

Ballard et al. (2009) beskriver følgende fem prinsipper som styrer tenkning og handling i Last Planner:

1. Planlegg med økende detaljeringsgrad frem mot produksjon
2. Planlegg sammen med de det gjelder og som skal utføre arbeidet
3. Fjern potensielle hindringer for planlagte aktiviteter før oppstart av produksjon
4. Utarbeid pålitelige forpliktelser mellom aktører fra forskjellige fag
5. Kontinuerlig forbedring og læring

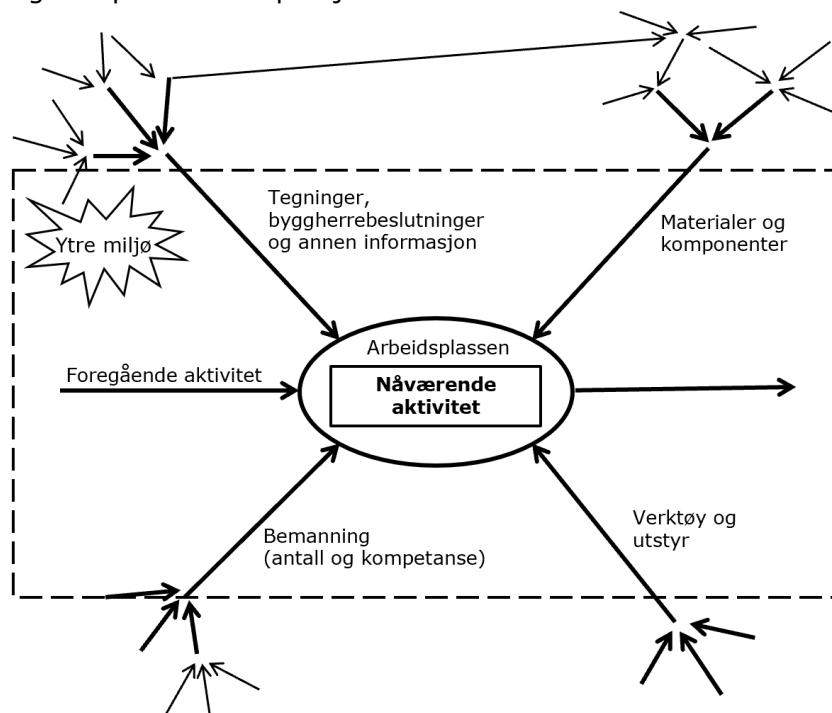
Det første prinsippet i Last Planner er illustrert i Figur 3.2, og handler om å planlegge mer detaljert desto nærmere selve utførelsen i prosjektet kommer (Kalsaas, 2017). Prinsippet bygger på at det ikke er hensiktsmessig å detaljere arbeidet tidlig på grunn mye variasjon i de fleste prosjekter.



**Figur 3.2: Gradvis økt detaljeringsgrad (Kalsaas, 2017)**

Det andre prinsippet handler om at planleggingen av en aktivitet skal gjennomføres med de som skal utføre arbeidet, på bakgrunn av at de sitter med verdifull kunnskap som er viktig for at arbeidet skal få god flyt (Kalsaas, 2017). Videre hevder Kalsaas (2017) at involvering gir økt eierskap til planer og øker respekten for det som er avtalt.

Prinsipp tre fokuserer på å systematisk identifisere og fjerne hindringer, og på den måten redusere usikkerheten, før produksjonen starter (Kalsaas, 2017). Figur 3.3 illustrerer de syv hindringene, også kalt de syv strømmende, i Last Planner. Figuren viser at hver forutsetning har egne strømmer, for eksempel er mange ingeniørdisipliner og arkitekt involvert når det gjelder prosjekteringen av tegninger, og de ligger til grunn for anskaffelse av materialer og komponenter til prosjektet.



**Figur 3.3: De syv hindringene (Kalsaas, 2017)**



Det fjerde prinsippet går ut på å utarbeide pålitelige forpliktelser mellom aktører fra forskjellige fag, som ofte utføres av uavhengige bedrifter innen elektro, rør, ventilasjon, maler og blikk (Kalsaas, 2017). Tanken er å skape en forutsigbar flyt i produksjon der aktiviteter utføres i riktig rekkefølge, på en god metode, uten venting og at de gjøres riktig første gang.

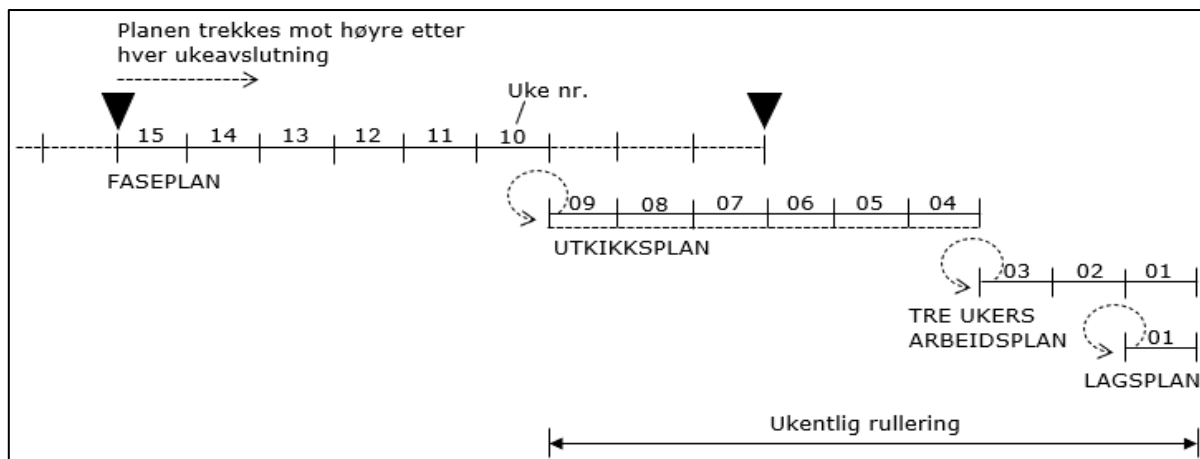
Det femte prinsippet i Last Planner handler om kontinuerlig forbedring og læring av feil (Kalsaas, 2017). Målinger av arbeidsplanen ukentlig på PPU (Prosent Planlagt Utført) og analysere årsak til avvik er sentralt i læringsperspektivet.

### 3.3.2 Systemet Last Planner

Selve systemet Last Planner bygger på prinsippene belyst i delkapittel 3.2.1, og består av følgende integrerte hovedelementer (H. G. Ballard, 2000; Kalsaas, 2017; Koskela et al., 2010):

- Hovedplan
- Faseplan
- Utkvikksplan
- Arbeidsplan
- Beregning av prosent planlagt utført (PPU) og analyse av rotårsaker

Figur 3.4 illustrerer dynamikken i plansystemet til Last Planner. Ifølge Kalsaas (2017) starter arbeidet lengst til høyre i figuren i uke nr. 01, og på slutten av uken oppdateres planen for uke nr. 02. Lagsplanen blir utarbeidet på dette grunnlaget, samtidig trekkes sunne aktiviteter fra uke nr. 04 og utvikksplanen inn i arbeidsplanen. Videre mottar utvikksplanen uke nr. 10 fra faseplanen samtidig som planen fjerner uke nr. 04 i sine oversikter. Detaljeringsgraden øker når aktiviteter og arbeidspakker går fra ett nivå til et annet i henholdt til det første prinsippet i Last Planner og Figur 3.2. Faseplanen rulleres etter behov, og anskaffelser med lange ledetider må håndteres særskilt for å sikre at komponentene kommer på byggeplass til rett tid.



**Figur 3.4: Dynamikken i plansystemet (Kalsaas, 2017)**

Plantypene og prosessene er utdypet videre i delkapittelet.

#### Hovedplan

Hovedplanen har til hensikt å få en generell plan og identifisere arbeidspakkene for hele prosjektet som viser hovedaktivitetene, varighet og sekvens (Koskela et al., 2010). Hovedplanen omfatter hovedmilepælene i prosjektet i tillegg til mer detaljerte funksjonelle milepæler relatert til kontrakt og det som skal bygges (Kalsaas, 2017).

## **Faseplan**

Faseplanen eller faseprogrammeringen deler hovedplanen inn i faser, med milepæler mellom fasene (Kalsaas, 2017). Sentralt i faseplanleggingen er bakover-planlegging, et verktøy for å klargjøre avhengigheter mellom fag. Målet er å finne en god produksjonsmessig rekkefølge på arbeidspakkene i hver fase.

## **Utkviksplan**

Hovedfokuset til utviklingsplanen er å systematisk arbeide med å fjerne hindringer og gjøre aktiviteter sunne før produksjonen slik at arbeidet kan gjennomføres i best mulig rekkefølge (Kalsaas, 2017). De syv hindringene som undersøkes i byggebransjen er illustrert i Figur 3.3.

## **Arbeidsplan**

Arbeidsplanen inneholder aktiviteter for utførelse per dag for de forskjellige fagene og utarbeides med en tidshorison på 2-4 uker (Kalsaas, 2017). Fag, aktivitet, ukenummer, dag oppstart, dag ferdig, enheter, mengder, produksjonsrate, sunn aktivitet, ferdigstilt (ja/nei) er informasjon en arbeidsplan for et prosjekt typisk inneholder.

## **Beregning av Prosent Planlagt Utført (PPU) og analyse av rotårsaker til avvik**

Kalsaas (2017) understreker at det er viktig i Last Planner å dele arbeidet inn i mengder som kan utføres innenfor en uke for at arbeidet skal kunne måles om det oppfyller planen eller ikke. Videre hevdes det at konkrete ukentlige mål over hvor mye som forventes produsert øker motivasjonen blant håndverkerne. Beregning av Prosent Planlagt Utført (PPU) og analyse av rotårsaker til avvik er nærmere beskrevet i delkapittel 3.4.

## **Lagsplan**

Lagsplanen utarbeides i samarbeid mellom bas og håndverkerne på laget (Kalsaas, 2017). Planen baseres på den flerfaglige arbeidsplanen, men er énfaglig. Hensikten er at alle skal kjenne til hva de skal gjøre den kommende uken.

## **3.4 Prosent Planlagt Utført (PPU)**

Måling av Prosent Planlagt Utført (PPU) er en sentral del av Last Planner, og motivasjonen er ifølge Koskela et.al (2010) å forbedre prosjektplanleggingen ved kontinuerlig forbedring og læring. Ballard (2000) viser til følgende definisjon på hva PPU er: «*Percent Plan Complete (PPC) is the number of planned activities completed, divided by the number of planned activities, expressed as a percentage*» (s.37). PPU er også kjent som «*Percent Promises Complete*», og henviser da til planen som en forpliktelse håndverkerne har til å utføre planlagte oppgaver og representerer dermed planleggingspåliteligheten til prosjektet (Hamzeh et al., 2012; Porwal et al., 2012).

### **3.4.1 Analyse av årsaker til avvik**

Viktigere enn selve Prosent Planlagt Utført (PPU), er ifølge Kalsaas (2017) årsaken til at aktiviteter ikke blir ferdige. Analyse av avvik kan føre tilbake til underliggende årsaker til at aktiviteter ikke ble gjennomført som planlagt, slik at forbedringer for å oppnå god arbeidsflyt og lite sløsing kan gjøres i fremtiden. Selv om PPU måles ved det siste plannivået før produksjon, «Last Planner level», understreker Ballard (2000) at rotårsaker til dårlig plankvalitet eller manglende gjennomføring av planlagt arbeid kan bli funnet i alle organisasjonsnivå, prosesser eller funksjoner.

Ifølge Ballard (2000) kan analyse av PPU fungere som et fokuspunkt for forbedringstiltak. En forutsetning for at analysen skal kunne gjennomføres, er identifisering av årsaker til at

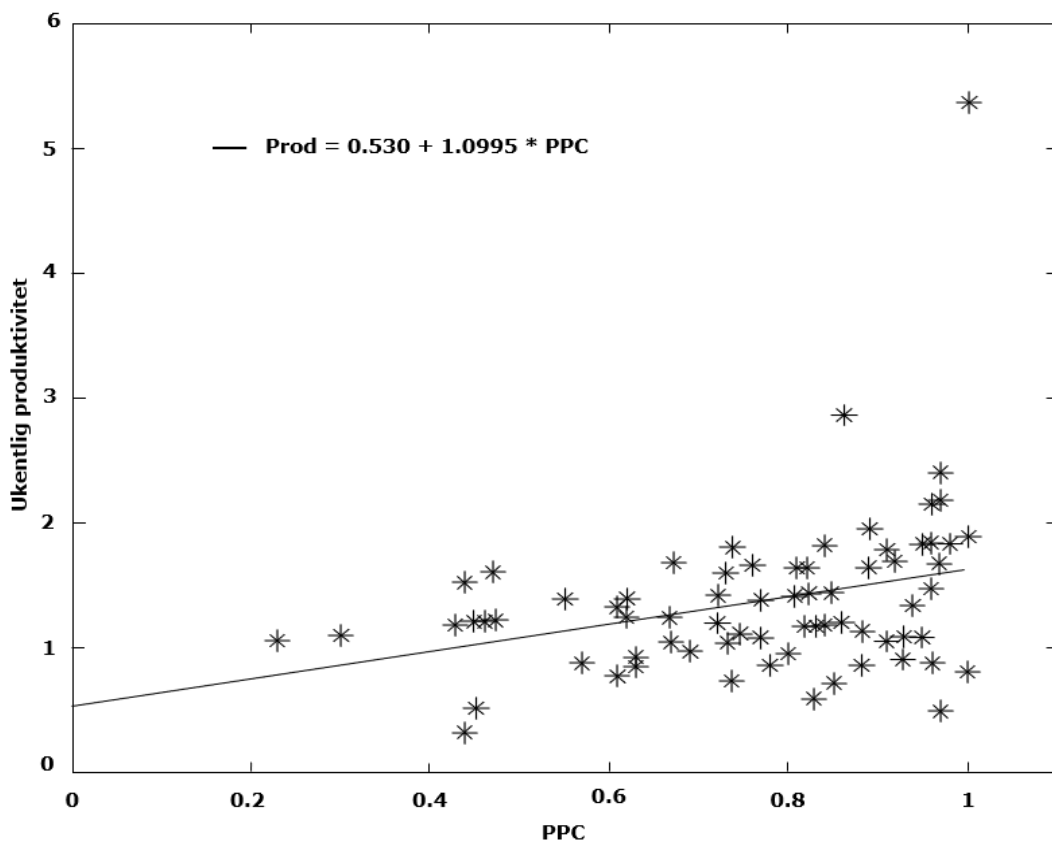
det planlagte arbeidet ikke ble utført. En slik identifisering bør helst gjennomføres av nærmeste leder eller de håndverkerne som er direkte ansvarlige for utførelsen av planen.

For å analysere hendelser og finne rotårsaker til avvik fra planen finnes det flere analysemetoder, fiskebensdiagram og «5 x hvorfor» er to eksempler (Kalsaas, 2017; Moore, 2011). Ifølge Kalsaas (2017) er «5 x hvorfor» den raskeste av metodene som innebærer at man ikke skal godta den første årsaken til hvorfor hendelsen skjedde, men finne rotårsaken ved å spørre «hvorfor?» fem ganger. Moore (2011) understreker at årsaken til avvik i noen tilfeller må analyseres grundigere eller ved bruk av andre analysemetoder. Videre er det også mulig å finne årsaken til avvik før spørsmålet «hvorfor?» er stilt fem ganger.

### 3.4.2 Produktivitet og PPU

I starten av utviklingen av Last Planner var fokuset ifølge Ballard (2000) på å forbedre produktiviteten i byggebransjen, deretter ble fokuset endret til å søke å oppnå god flyt. Slik som nevnt i delkapittel 3.2 måles produktivitet gjennom å identifisere forholdet mellom input av ressurser og output av verdiene. Måling av produktivitet kan ifølge Kalsaas (2017) beskrives ved å måle det som går inn og ut av en «boks». Til sammenlikning er det i Lean et større fokus på å forstå prosessene og flyten som foregår inne i boksen.

Tidligere forskning har funnet en sammenheng mellom PPU og produktivitet (Liu & Ballard, 2008). Det refereres her til arbeidsproduktivitet målt ved inntjent verdi metoden hvor medgåtte timeverk er målt i forhold til budsjetterte timer på et tidspunkt, gitt en rapportert ferdigstillelsesgrad på aktiviteter. Resultatene viser til en regresjonsanalyse som illustrerer en positiv korrelasjon mellom produktivitet og arbeidsflyt målt som Prosent Planlagt Utført (PPU), se Figur 3.5.



Figur 3.5: Lineær regresjon mellom produktivitet og PPU (Liu & Ballard, 2008)

## 3.5 Digitalisering

Delkapittelet innledes med en kort beskrivelse av digitalisering, både generelt og spesifikt innen bygge- og anleggsbransjen. Deretter presenteres bruken av ulike digitale verktøy i produksjonsprosessen på byggeplass, herunder kommunikasjon- og samhandlingsverktøy i tillegg til BIM. Fokuset er på digitale verktøy, og kommunikasjonsprosessen generelt er derfor ikke inkludert. Avslutningsvis beskrives utfordringer knyttet til digitale verktøy.

### 3.5.1 Definisjon på digitalisering

Dvergsdal (2023) definerer digitalisering som følger: «*Digitalisering er å legge til rette for generering av digital informasjon samt håndtering og utnyttelser av informasjon ved hjelp av informasjonsteknologi. Digital informasjon er informasjon som blir lagret, behandlet og transportert som tallverdier*». I tillegg til tallgenerering har termen i de senere år fått en videre betydning, digitalisering handler nå også om å benytte informasjonsteknologi (IT) til å endre måten ting gjøres på og til å skape nye fenomener (Dvergsdal, 2023). Ifølge Kommunal- og moderniseringsdepartementet (2014) innebærer digitalisering å utnytte teknologi for å fornye, forenkle og forbedre prosesser. Det handler om å tilby brukervennlige, effektive og pålitelige tjenester som er ny og forbedret. Digitalisering legger til rette for økt verdiskapning og innovasjon, og kan bidra til at produktiviteten kan økes i både privat og offentlig sektor (Regjeringen, 2014).

### 3.5.2 Digitalisering i bygg- og anleggsbransjen

I bygg- og anleggsbransjen blir digitalisering ofte forbundet med bruk av 3D-modeller og elektroniske skjemaer (Sjøgren et al., 2017). Dette innebærer i praksis en overgang fra tradisjonelle papirdokumenter til digitale dokumenter, hvor tegninger og sjekklister blir endret og tilpasset det digitale formatet. Ifølge Sjøgren et al. (2017) kan en slik form for digitalisering føre til en effektivisering av eksisterende arbeidsprosesser, men ikke til betydelige endringer i sluttproduktet eller produksjonsmetodene. I tillegg til å «sette strøm på papir» og bruk av bygningsinformasjonsmodellering (BIM) i prosjekteringen er standardisering, industrialisering, automatisering og sømløs informasjonsflyt sentrale begreper innen digitalisering av byggenæringen. Bruk av LEAN og BIM under bygging av kunst- og designhøyskolen i Bergen og prefabrikasjon ved det nye sykehuset i Tønsberg er to konkrete eksempler på digitalisering fra Norge (Sjøgren et al., 2017).

Norske aktører bruker i dag ofte IT-verktøy som prosjektintranett og BIM (Svalestuen et al., 2017). Prosjektintranett gir alle teammedlemmer umiddelbar tilgang til prosjektinformasjon, og øker informasjonsflyten. I tillegg har bruken av mobile enheter i de siste årene inntatt flere byggeplasser og åpner opp for bruk av bærbare informasjonssystemer og kommunikasjonsverktøy under produksjonen (Löfgren & Rebolj, 2007).

### 3.5.3 Kommunikasjon- og samhandlingsverktøy

Mangel på tilstrekkelige kommunikasjonsverktøy er i tradisjonelle byggeprosjekter en av hovedårsakene til tap av informasjon ifølge Blokpoel (2003, referert i Harstad et al., 2015). Informasjonstap fører ofte til feil og videre gjentatte arbeidsprosesser i byggefasen på grunn av udaterte, feilaktige eller irrelevante dokumenter (Blokpoel, 2003, referert i Harstad et al., (2015).

Anumba et al. (2004) hevder at majoriteten av informasjonen som arbeidere på byggeplassen mottar og sender er papirbasert, og at det utgjør en begrensning for kommunikasjonen. Den mest effektive måten for bygningspersonell å håndtere

informasjon på byggeplassen på er ifølge Chen og Kamara (2008) å hente informasjonen der de befinner seg og på det tidspunktet de trenger den. Dette har vært vanskelig å oppnå med de tradisjonelle metodene for informasjonsutveksling i papirform, som har vært dominerende på flere byggeplasser. Ifølge Samuelson (2003) kan de lave produktivitetstallene i bransjen forklares med det faktum at informasjonsbehovet og kommunikasjonsadferden ikke har blitt tilfredsstillende møtt.

Funn fra forskningen til Hewage og Rawanpura (2006) viser at det er et behov for en mobil informasjonskilde i sanntid på byggeplassen. Arbeiderne rapporterte problemer knyttet til manglende kommunikasjon og informasjon, og ønsket å ha muligheten til å se teknisk informasjon, sikkerhetsinformasjon, væroppdateringer, tegninger i 3D og annen prosjektrelatert informasjon. Etter denne forskningen utviklet Hewage et al. (2012) en kiosk for informasjonshåndtering, en såkalt *i-Booth*, som ga arbeiderne på byggeplassen tilgang til materialhåndtering, demonstrasjoner av arbeidsoppgaver og oppdaterte tegninger. Dette førte til positive resultater i produktivitet, effektivitet og arbeidernes tilfredshet.

Harstad et al. (2015) har i sin studie undersøkt effektene ved bruk av nettbrett på byggeplass. Resultatene viser til positive resultater på kommunikasjonen mellom håndverkerne og lederne på anleggskontoret, samt redusert sløsing i form av unødvendig transport og omarbeid forårsaket av feil knyttet til gamle, feilaktige og irrelevante tegninger. Nettbrett muliggjør en enkel tilgang til informasjon, er enkel å bære med seg og kan bidra til å øke forståelsen for prosjektet samtidig som det skaper en ny linje for kommunikasjon (Harstad et al., 2015). I forbindelse med kvalitetsarbeid og sikkerhetsinspeksjoner bidro nettbrett til å forenkle det administrative arbeidet sammenliknet med en tradisjonell prosess. Nettbrett kan gi en høyere kvalitet på dokumentasjonen ettersom all kommunikasjon på nettbrett er sporbar, noe som gjør det enkelt å bevise at ting er gjennomført på en transparent måte (Harstad et al., 2015).

#### 3.5.4 BIM

BIM er en forkortelse for *byggningsinformasjonsmodellering* (eng. Building Information Modeling) når det er snakk om prosessen man arbeider etter, og *byggningsinformasjonsmodell* (eng. Building Information Model) når det refereres til produktet (Mørk, 2017). Eastman et al. (2011) bruker begrepet «BIM» for å beskrive prosessen med å modellere byggningsinformasjon og viser til følgende definisjon: «[...] a modeling technology and associated set of processes to produce, communicate, and analyze building models» (s. 16). Norsk standard (2020) definerer i NS-EN ISO 19650-1:2018 BIM som: «Bruk av en delt digital fremstilling av et byggverk for å legge til rette for prosjektering, bygging og driftsprosesser slik at det kan dannes et pålitelig grunnlag for beslutninger» (s.5). BIM gir en digital presentasjon av bygningen i tre dimensjoner med oppdatert og lett tilgjengelig informasjon (Forbes & Ahmed, 2010). Eksempler på informasjon en BIM-modell kan inneholde er: mengder og egenskaper til byggningskomponenter, byggningsgeometri, romforhold og geografisk informasjon. Videre i denne studien brukes BIM for å referere til både prosessen med å modellere, og den digitale og virtuelle representasjonen av en fysisk bygning.

Ifølge Eastman et al. (2011) har bruk av BIM-teknologi betydningsfulle fordeler for et byggeprosjekt. En nøyaktig byggningsmodell legger til rette for en bedre planlagt byggeprosess med færre feil og konflikter som sparer tid og kostnader, og som videre kan føre til en økning i produktivitet i prosjektet (Forbes & Ahmed, 2010). Markedsrapporter fra Australias byggenæring viser at et økt fokus på BIM kan føre til en produktivitetsvekst

mellom 6 og 9 %, og ved å ta i bruk BIM for alle deltakerne i prosjektet kan produktiviteten øke med 6 til 16 % innen 2025 (Leviäkangas et al., 2017).

Sett i et entreprenørperspektiv er tidlig involvering essensielt for å kunne utnytte fordelene ved bruk av BIM (Eastman et al., 2011). Tidlig involvering muliggjør at entreprenøren kan bidra med sin kunnskap til prosjektet tidlig i byggeprosessen og utnytter BIM best som et samarbeidsverktøy.

### 3.5.5 Bruk av BIM i produksjonen på byggeplass

Bruk av BIM i BAE-bransjen gått fra å være et modelleringsverktøy som primært har blitt benyttet til produksjon av tegninger og for å forbedre prosjekteringsprosessen, til å få en økende interesse og videre en viktig rolle i produksjonen på byggeplass (Harstad et al., 2015; Svalestuen et al., 2017; Van Berlo & Natrop, 2014; Sjøgren et al., 2017; Murvold et al., 2016). Visualisering, beregning, planlegging og kollisjonskontroll er eksempler på bruksområder for BIM i gjennomføringsfasen (Murvold et al., 2016). Imidlertid er det ifølge Murvold et al. (2016) mest ledere på anleggskontoret som har benyttet seg av disse bruksområdene. Blant håndverkerne har bruken av BIM vært betydelig mindre, og papirtegninger dominerer fortsatt på flere byggeplasser.

Van Berlo og Natrop (2014) uttaler at ved bruk av BIM er mye mer informasjon tilgjengelig sammenliknet med tradisjonelle tegninger. Videre hevdes det at informasjonen som presenteres på papirtegnningene ikke inneholder all den informasjonen som er nødvendig på byggeplassen, og videre ikke er spesifikk nok for spesialiserte oppgaver (Van Berlo & Natrop, 2014).

Det er i de siste årene utviklet forskjellige metoder for å få BIM ut til håndverkerne på byggeplassen, noe som muliggjør tilgang til modellen uavhengig av hvor de befinner seg (Svalestuen et al., 2017). Dette er en relativ ny tilnærming til produksjonskontroll på byggeplassen for entreprenører, og legger til rette for å kunne identifisere og løse problemer tidlig. Eksempler på BIM-verktøy som benyttes er mobile enheter som nettbrett og smarttelefoner, samt BIM-kiosker.

Van Berlo og Natrop (2014) hevder at bruk av BIM på byggeplassen kan realisere et stort potensial i utførelsesfasen, og at håndverkere kan ta fordelene av visualisering når de kommuniserer ved hjelp av en BIM-enhet. Videre kan bruk av digitale 2D-tegninger i kombinasjon med 3D-modeller, noe som BIM-enheter muliggjør, bidra ifølge Harstad et al. (2015) til å øke forståelsen av det som skal bygges. Dette begrunnes med at 3D-modeller gir en realistisk visualisering av hvordan ting henger sammen, og deretter kan detaljene studeres ved hjelp av 2D-tegningene.

Bråthen og Moum (2016) har også dokumentert positive effekter ved BIM fra deres forskning på bruk av BIM-kiosker på byggeplassen. Funnene viser at håndverkerne fikk en mer helhetlig forståelse av planlagte arbeidet gjennom visualiseringen i 3D, muligheten til å undersøke komplekse problemstillinger og tilgang til detaljer som knapt kan ses på en tradisjonell tegning i 2D. I tillegg bidro BIM-kioskene til et større nivå av samarbeid ansikt-til-ansikt gjennom at håndverkerne møttes planlagt og tilfeldig for å diskutere og ta beslutninger mens de brukte modellen til visualisering. Videre antyder Bråthen og Moum (2016) at en slik interaksjon mest sannsynlig ikke ville ha skjedd hvis håndverkerne hadde brukt dagens individuelle og mobile datamaskiner som nettbrett og smarttelefoner.

### 3.5.6 Digitale utfordringer

Håndverkerne på byggeplass arbeider i tøffe miljøer preget av mye fukt, sand, vibrasjoner og støv (Harstad et al., 2015; Svalestuen et al., 2017). Mobile enheter er derfor spesielt vanskelig å bruke under betongarbeider og før bygget er tett. Maskinvaren må derfor være av en slik kvalitet at den er motstandsdyktig mot disse påkjenningene. Svalestuen et al. (2017) trekker frem at det i dag finnes gode nok maskinvarer som skal takle de tøffe omgivelsene, men det er ofte lønnsomt å ikke kjøpe det billigste alternativet og vite hvilke påkjenninger utstyret takler.

Bryde et al. (2013) har gjennom en casestudie analysert 35 ulike byggeprosjekt som har rapportert om bruk av BIM. Syv av prosjektene (20 %) rapporterte at de hadde utfordringer knyttet til programvaren. Interoperabilitetsproblemer mellom BIM-pakker ble spesielt fremhevet som et problem, og som kan virke negativt på samarbeidet mellom de ulike organisasjonene involvert i et prosjekt. At programvaren ikke klarte å håndtere store mengder data, samt manglende kunnskap og erfaring med utvikling av programvaren var andre problemer som ble rapportert. Svalestuen et al. (2017) trekker videre frem at det bør tas i betraktning før investering av utstyr, at ikke alle BIM-programvarer støtter alle operativsystem (OS).

Harstad et al. (2015) har i sin studie identifisert utfordringer med nettbrett som kommunikasjonsverktøy på byggeplass. Funn fra studien viser at noen håndverkere føler BIM kun er utviklet for designformål. Modellen i 3D er ofte ufullstendig og ikke brukbar på byggeplassen, og flere håndverkere synes det er vanskelig å stole på riktigheten av målingene. Det kommer videre frem at objekter ofte er plassert noen centimeter feil og at det er vanskeligere å oppdage de små feilene i en 3D-modell, enn i 2D-tegninger (Harstad et al., 2015).

Den voksende mengden data og den økende etterspørselen etter mobilitet, samarbeid og deling av informasjon med eksterne parter, resulterer i et økende behov for datasikkerhet og databeskyttelse (Oesterreich & Teuteberg, 2016). Ifølge Harstad et al. (2015) er mobile enheter som smarttelefon og nettbrett lett å bære med seg rundt, men også lett å miste eller legge bort. Uten et sikkert passord kan det føre at utenforstående kan få tilgang til sensitiv prosjektinformasjon. Svalestuen et al. (2017) trekker frem i denne sammenheng at risikoen kan reduseres ved hjelp av gode sikkerhetsrutiner og bruk av beskyttet nettverk på byggeplass. Videre kan tilgangen til dokumentasjonsdatabasen begrenses ved hjelp av et virtuelt privat nettverk (VPN) som krever en sikker ID for innlogging.

Bruk av digitale verktøy krever en rask og stabil internettilgang på byggeplass (Harstad et al., 2015; Oesterreich & Teuteberg, 2016). Dette kan føre til utfordringer, spesielt på byggeplasser utenfor bysentrum hvor det ofte er begrenset tilgang på mobilnettverk som 3G og 4G. Uten internett må håndverkerne gå tilbake til anleggskontoret for å kunne oppdatere og synkronisere tegningene. Ifølge Chen et al. (2015) kan en bygningsinformasjonsmodell risikere å bli «blind og døv» dersom informasjonen ikke synkroniseres med den pågående byggeprosessen i sanntid. Det er en utfordring ved bruk av BIM som kan hindre det digitale verktøyet i å være et fullkomment beslutningsverktøy.

Manglende aksept til implementering av ny teknologi er en utfordring som belyses i teorien. Arbeidere som tidligere benyttet papirtegninger, opplever å bli utsatt for ny modelleringsteknologi i det daglige arbeidet (Merschbrock & Nordahl-Rolfsen, 2016). En slik digital endring kan beskrives som det Markus (2004) kaller for «technochange». Begrepet refererer til måter å bruke ny teknologi på som kan utløse store organisatoriske endringer, skape situasjoner med høy risiko og potensielt høy belønning (Markus, 2004).

En stor risiko knyttet til en slik teknologisk endring er at arbeiderne ikke vil benytte seg av den nye teknologien. Hvorvidt enkeltpersoner aksepterer å ta i bruk ny teknologi er ifølge Merschbrock og Nordahl-Rolfsen (2016) avhengig av om de oppfatter digitaliseringen som fordelaktig eller hemmende for å kunne utføre jobben. Svalestuen et al. (2017) mener i den sammenheng at opplæring og kunnskap er essensielt. Det begrunnes med at dersom arbeiderne ikke vet hvordan de skal bruke digitale verktøy, ser de heller ikke fordelene ved å bruke det. Implementeringen kan dermed bli møtt med skepsis og vil ikke medføre noen fordeler. Under byggingen av Oslo Lufthavns terminal 2 ble BIM oppfattet som en nyttig teknologi for å forbedre armeringsarbeider, og arbeiderne aksepterte derfor teknologien (Merschbrock & Nordahl-Rolfsen, 2016). Aksepten hadde imidlertid å gjøre med måten modellene ble utarbeidet på, og at det var gjort et grundig arbeid på forhånd.

Høye kostnader knyttet til implementering av ny teknologi er ifølge Oesterreich og Tauteberg (2016) en barriere for økt grad av digitalisering. Teknisk utstyr, opplæring og utdanning av personell samt eksterne konsulenter, er eksempler på ressurser som kreves at det investeres i for å digitalisere en virksomhet. I tillegg kommer påløpende kostnader for programvaren. Harstad et al. (2015) mener det er utfordrende å forsvare kostnad/nytte-forholdet fordi det kan ta år før dokumenterte fordeler overstiger ulempene. Dette kommer av at det er mange komplekse sammenhenger å ta hensyn til. Smith (2014) støtter dette, og hevder de høye kostnadene sammen med uklare fordeler er årsaken til at byggefirmaer nøler med å investere i ny teknologi.



## 4 Resultater

Det første delkapittelet er basert på resultater fra en dokumentstudie av Veidekke sin interne veileder for Involverende planlegging (IP) i produksjon. Videre presenteres resultatene fra de semistrukturerte intervjuene, hvor strukturen og overskriftene er basert på kodingen av intervjudataene. Siste delkapittel fremstiller resultatene fra de strukturerte observasjonene.

### 4.1 Involverende planlegging (IP)

Involverende planlegging (IP) er Veidekkes metodikk for fremdriftsplanlegging i prosjektbasert produksjon, som baserer seg på og er en videreutvikling av Last Planner. Hovedmålet er å redusere tapt tid, fjerne hindringer og skape flyt i produksjonen gjennom en involverende tilnærming hvor *alle* skal delta i planleggingen av sin egen hverdag. En oppsummering av hva involverende planlegging dreier seg om er videre listet:

- Utarbeide planer i fellesskap med de som skal utføre arbeidet
- Ha kjennskap til og innflytelse på egne arbeidsoppgaver
- Lage planer gjennom å gi gjensidige løfter
- Rullerende planlegging og økt detaljering av planen jo kortere tid det er til arbeidet skal utføres
- Systematisk fjerne hindringer og farer slik at bare sunne og sikre aktiviteter gjennomføres
- Lære av avvik dersom planene ikke blir fullført gjennom å finne årsakene og eliminere hindringene
- Ulike plannivåer har ulike eiere

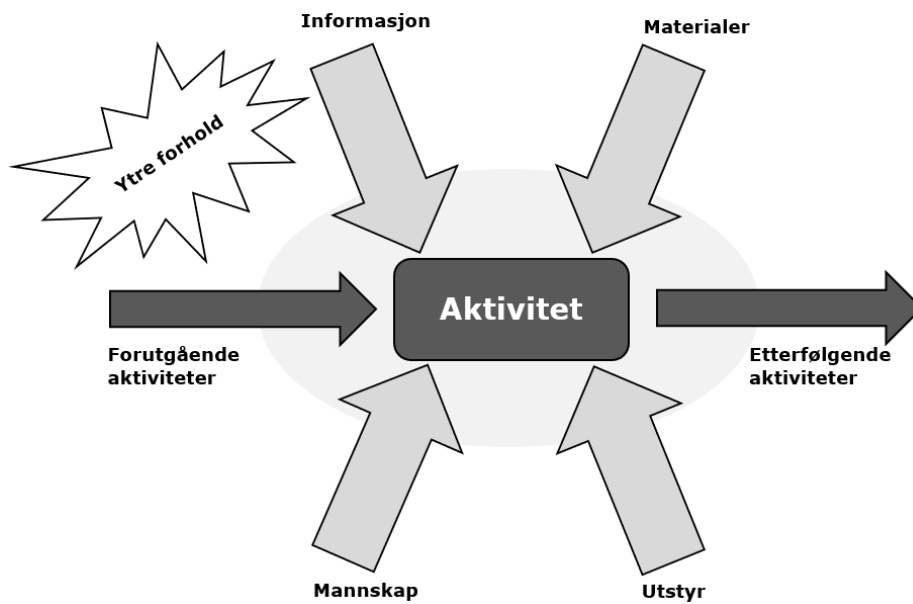
Metodikken har som utgangspunkt at produktiviteten i et arbeidslag ikke skal økes ved å øke intensiteten til den enkelte, men ved å redusere den tapte tiden ute på byggeplassen. Tapt tid beskrives som uproduktiv tid og motproduktiv tid. Et eksempel på uproduktiv tid er venting. Motproduktiv tid oppstår ved at man selv eller andre produserer feil, slik at man først må fjerne det som er gjort og deretter gjøre det på nytt igjen. Ifølge veilederen er det et stort produktivitetspotensial selv i små reduksjoner av tapt tid.

#### 4.1.1 Hovedelementene i IP

Hovedelementene i Involverende planlegging er hindringsanalyse, arbeidsdeling i tid, plansystemet, møtestrukturen og risikostyring. Fire av disse utdypes videre i fortsettelsen.

##### **Hindringsanalyse**

En sentral målsetting i IP er å skape sunne aktiviteter. En aktivitet er sunn når den kan utføres effektivt med riktig kvalitet og på en måte som ivaretar helse og sikkerhet. De 7 forutsetningene for en sunn aktivitet er Veidekkes faste struktur på hvordan en hindringsanalyse skal gjennomføres og når alle de er til stede, er aktiviteten sunn, se Figur 4.1.

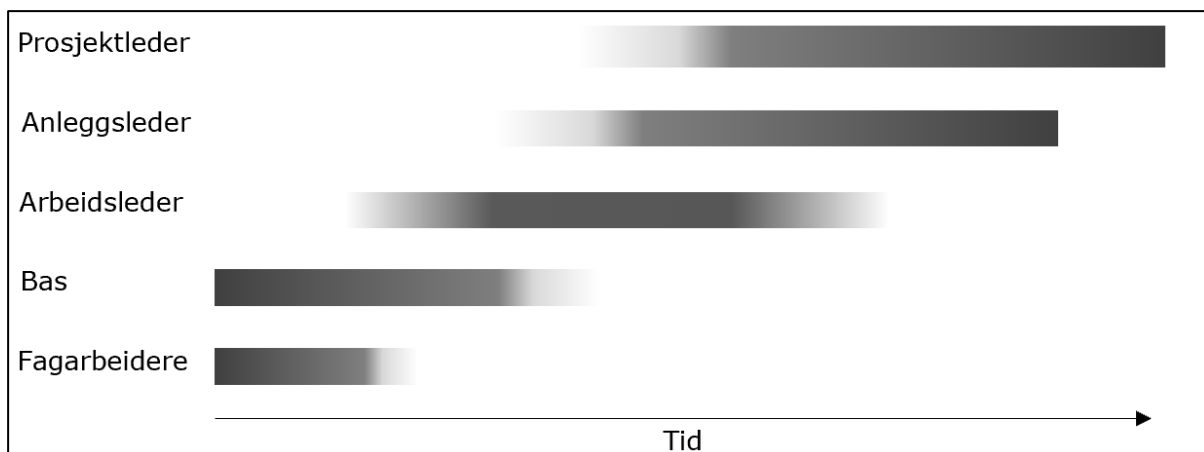


**Figur 4.1: De 7 forutsetningene for en sunn aktivitet**

1. *Forutgående aktiviteter*  
Forutgående aktiviteter er avsluttet og har riktig kvalitet.
2. *Informasjon*  
Informasjon i form av prosjekteringsmateriale, beslutninger osv. er tilgjengelig og har et innhold som ivaretar kvalitet, helse og sikkerhet.
3. *Materialer*  
Materialer av riktig kvalitet og i riktig mengde er tilgjengelig på arbeidsstedet.
4. *Mannskap*  
Mannskapet har riktig kompetanse, kapasitet og variasjon i arbeidsoppgavene.
5. *Utstyr*  
Sikkerhetsutstyr og utstyr for å utføre aktiviteten er tilgjengelig, effektivt, sikkert og lite belastende.
6. *Plass*  
Arbeidsstedet og områdene rundt er ryddet og sikkerhetstiltak er på plass.
7. *Ytre forhold*  
Godkjenninger og tillatelser er gitt. Værforholdet er tilfredsstillende.

### Arbeidsdeling i tid

Arbeidsdeling i tid innebærer at prosjektleder, anleggsleder, arbeidsleder, bas og håndverkere planlegger i ulike tidshorisonter, som Figur 4.2 viser. Jo høyere ledelsesnivå, jo lenger frem skal planleggingshorisonten være. Hovedfokuset til anleggslederen er på det som skal skje noen uker frem i tid. Formannen sitt hovedfokus er på det som skje i en litt nærmere tidshorison, mens basen har hovedfokus på det som skal skje i nærliggende fremtid. Håndverkerne har hovedfokus på aktivitetene i gjeldende uke gjennom egen planlegging.

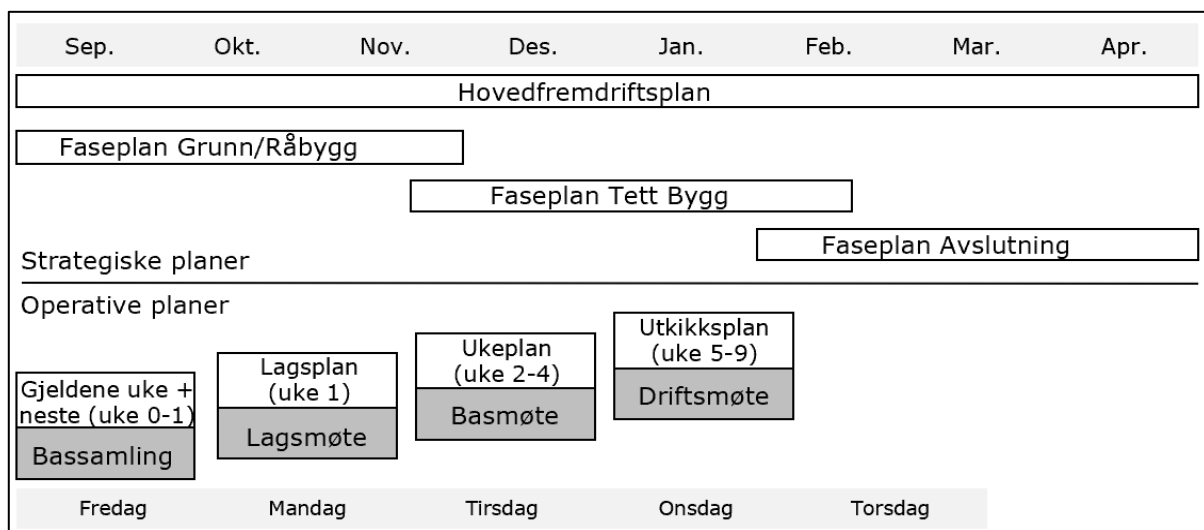


**Figur 4.2: Arbeidsdeling i tid**

### Plan- og møtestruktur

Plansystemet i Involverende Planlegging består av en kombinasjon av strategiske og operative planer. *Hovedfremdriftsplan* og *faseplan* er strategiske planer som lages i oppstartfasen i regelen kun én gang. *Utkikksplan*, *ukeplan* og *lagsplan* utgjør de operative og rullerende planene som tar utgangspunkt i de strategiske planene. De operative planene får økt detaljering jo kortere tid det er til selve produksjonen og blir fulgt opp løpende gjennom prosjektet.

Møtestrukturen i IP er tilpasset de ulike planene og består av *faseplanmøte*, *driftsmøte*, *basmøte*, *lagsmøte* og *morgenmøte*. Figur 4.3 viser hvordan rekkefølgen på de ulike møtene bør være. Morgenmøte er ikke inkludert i figuren, men gjennomføres hver dag hvor man kort gjennomgår dagens gjøremål og eventuelle spesielle hendelser fra dagen før. De ulike møtene har ulike eiere.



**Figur 4.3: Plan- og møtestruktur**

## 4.2 Digitale verktøy i Veidekke

Det kommer frem fra intervjuene at det er flere digitale verktøy som benyttes i produksjonssammenheng i Veidekke. Alle håndverkerne og lederne på anleggskontoret får sin egen telefon og lisens til ulike programvarer. Et av intervjuobjektene forteller også at de har tilgang på nettbrett, men telefonen brukes mest fordi den er enkel å ha i lomma og

rask å finne frem. Noen prosjekt har i tillegg en skjerm bygget inn i plexiglass plassert i store verktøykasser med hjul, slik at de har muligheten til å koble på telefonene å se ting i et større bilde.

Intervjuobjektene nevner programvarer som Dalux, Solibri og Tempus, hvor Dalux er det som fremheves mest av intervjuobjektene. Dalux er en mobil applikasjon som muliggjør å følge prosjektet via en smarttelefon eller et nettbrett og brukes blant annet til prosjektdokumentasjon, kvalitetssikringsarbeid (KS), avvikshåndtering og til å utarbeide lagsplaner. Programvaren støttes av BIM og bygget kan visualiseres ved hjelp av en 3D-modell. Videre kommer det frem at det er mulig å samhandle og kommunisere ved å legge til kommentarer, notater og markeringer i BIM-modeller og andre dokumenter.

Solibri er et BIM-verktøy som brukes til mengdeuttak, kollisjonskontroll og visualisering. Det er hovedsakelig lederne på byggeplasskontoret som benytter verktøyet, men basene har også tilgang til programmet. Tempus er en mobil applikasjon som benyttes til timeregistrering.

### 4.3 Prosjektbasert produksjon før og etter digitale verktøy

Gjennom intervjuene er det videre kartlagt hvordan bruk av digitale verktøy har ført til endringer i produksjonen på byggeplass. Svarene er analysert og delt inn i overordnede kategorier. Dette fordi flere av svarene i intervjuene er like og har samme perspektiv.

#### 4.3.1 Tegninger

Flere av intervjuobjektene beskriver prosessen fra analoge til digitale tegninger. Før digitale verktøy måtte man fysisk bestille tegningene, få de levert, legge de i plast og så gå ut med dem til de som skulle utføre arbeidet. Dersom det kom en ny revisjon, måtte prosessen gjentas og de gamle tegningene kastes. Alle byggeplassene hadde et arkivskap inne i anleggskontoret med alt av tegningsgrunnlag som ble oppdatert en gang i uken. Flere av intervjuobjektene forteller at en utfordring med papirtegninger var å ha oppdaterte tegninger med riktig revisjon tilgjengelig. Det var ofte det ble store hauger liggende med utgåtte tegninger. Videre ble det brukt mye tid på å lete etter tegningene fordi de var rotet bort eller ble blåst bort av vinden. Anleggslederen uttaler i den forbindelse at:

*«Det var et mareritt å få de riktige tegningene ut til byggeplassen, vi kunne jobbe på feil underlag i flere dager hvis vi ikke hadde gode nok systemer for å bytte ut tegningene. Det hendte også at vi var ferdige å bygge.»*

Gjennom intervjuene kommer det også frem at de fleste byggeplassene i dag er papirfrie og alle tegninger og dokumenter finnes oppdatert i den digitale plattformen Dalux. To av intervjuobjektene forteller at de fortsatt har tegningsarkiv på prosjektet og at de bruker papirtegninger i tillegg til digitale verktøy. Et av intervjuobjektene forteller at de ikke bruker mye papirtegninger, men det hender at de får skrevet ut noen detaljer hvis det er noe de lurer på. Majoriteten av intervjuobjektene mener at digitale tegninger gir fordeler for produksjonen gjennom at informasjonen kommer raskere ut, er tilgjengelig for alle, samt at det stort sett er riktig tegningsunderlag å jobbe på. En av basene uttaler videre at: *«Vi går med tegningene i lomma til enhver tid. Hvis jeg lurer jeg på noe, kan jeg bare ta opp telefonen og se. Det kunne jeg ikke før».*

#### 4.3.2 Kvalitetssikring (KS)

Det kommer frem av intervjuene at en sentral del av arbeidet med kvalitetssikring (KS) er utfylling av sjekklister, som er en skriftlig dokumentasjon på at arbeidet som er utført er i henhold til gjeldende krav, kvalitet og regelverk. Sjekklisterne før i tiden var på papir i en

perm som ble fylt ut med kulepenn. Tegningsnummer, revisjonsnummer og aksens bygningsdelen befant seg i på tegningen måtte spesifiseres. Etter at sjekklisten var fylt ut måtte sjekklisten settes tilbake i permen og noen fra anleggsledelsen skannet dokumentet og lastet det opp på en datamaskin. Fra to av intervjuene nevnes det at håndverkerne var dårligere på å fylle ut sjekklister da de var på papir, og ofte ble ikke sjekklister fylt ut før lenge etter at arbeidet var utført. Sjekklister var mindre tilgjengelig, og de ble ofte gjenglemt i permen inne på anleggskontoret.

I dag brukes telefon eller nettbrett til å fylle ut sjekklister, i tillegg må det dokumenteres med bilder. Flere av intervjuobjektene forteller at digitale sjekklister er enklere, fordi de er lettere tilgjengelig sammenliknet med å fysisk gå til anleggskontoret og finne permen. Alle har en telefon i lomma, eller et nettbrett i nærheten for å skrive sjekklister og ta bilder.

### 4.3.3 Avvikshåndtering

Det kommer frem i flere av intervjuene at det tidligere ble benyttet såkalte «grønnlapper» for registrering av forhold eller hendelse som ikke oppfyller krav og forventninger innen HMS og kvalitet. Et av intervjuobjektene beskriver grønnlapper som en blokk med lapper som ble delt ut til alle som arbeidet på byggeplassen. På lappene skulle alle uønskede hendelser meldes fra om. Grønnlappene ble lagt i en postkasse hvor lederne på anleggskontoret logget det inn i en database for både avvik knyttet til HMS og kvalitet.

Videre forteller det samme intervjuobjektet at i dag kan man enkelt opprette et avvik og tildele observasjonen til den som har ansvaret i Dalux, enten det er en leder på anleggskontoret eller en ansvarsperson ute på byggeplass. Ansvarlig person mottar da et varsel om hva avviket gjelder og en illustrasjon på en tegning som viser plasseringen i bygget.

### 4.3.4 Timeføring

En av arbeidslederne, som tidligere har jobbet som håndverker, forteller at timene før digitale verktøy ble skrevet på ark. Før basen leverte timene videre til arbeidslederen, ble timene kontrollert og det ble stilt spørsmål dersom det var uklarheter eller noe som manglet. I overgangsfasen mellom timeskriving på papir og heldigitalt i appen Tempus ble det ifølge en av intervjuobjektene plassert en datamaskin på brakka med et ark i Excel. Det var da mye jobb med å sørge for nye timelister hver måned, samle dataen og videre få det inne i programmet Tempus. I dag blir alle timer skrevet direkte inn i programmet. En av arbeidslederne mener at systemet er enkelt for de ordner alt selv og det er mye lettere å ta ut rapporter basert på gjennomført arbeid. I tillegg er det lettere å kontrollere, og videre se at alt stemmer.

### 4.3.5 3D-modell

Samtlige av intervjuobjektene forteller at en sentral endring etter bruk av digitale verktøy er muligheten til å visualisere bygget ved hjelp av en 3D-modell i BIM-verktøyene Dalux og Solibri. Intervjuobjektene forteller at modellen gjør det lettere å se hvordan ting skal se ut og muliggjør å se mer detaljert der man vil, og ikke bare etter hvor snittene er tegnet på plantegningen. Videre gir 3D-modellen en bedre oversikt og et bedre bilde av bygget sammenliknet med en tradisjonell plantegning med snittene tegnet på siden, hvor man må se for seg hvordan ting skal se ut. En av arbeidslederne uttaler at å lese og forstå en 2D-tegning krever erfaring og at lærlingene lærer raskere ved hjelp av 3D-modellen:

*«Jeg ser det på lærlingene når de begynner, ikke alle kan å lese en vanlig armeringstegning for et dekke i 2D, da tror jeg de måtte ha brukt mye lengre tid for det kommer av erfaring. Ved hjelp av 3D-modellen får de det til, for da ser de hvordan lagene er bygd opp og hvordan snittene og detaljene er.»*

To av intervjuobjektene nevner at uttak av mengder er mye enklere ved hjelp av 3D-modellen. I Solibri er det bare å klikke på veggene for å ta ut mengdene, før måtte man sitte med målestaven og regne.

#### 4.3.6 Ukeplanlegging, lagsplan og lagsmøter

En av arbeidslederne beskriver under intervjuet hvordan lagsplanen for den kommende uken utarbeides på et prosjekt. Arbeidsleder, baser og verneombud møtes hver torsdag morgen for å planlegge neste ukes fremdrift og utarbeide lagsplaner. Det er basene, som har en tett dialog med de som skal gjennomføre arbeidet, som legger føringer for den påfølgende ukens aktiviteter. Den digitale plattformen Dalux brukes til å lage planene som har følgende innhold:

- Tidsfrist
- Ansvarlig person for arbeidet
- Alle lagsmedlemmer
- Dato for oppstart
- Type aktivitet
- Beskrivelse av arbeidet
- Utklipp fra 3D-modell
- Plantegning
- Plan for leveringer og bestillinger
- HMS-informasjon
- 7 forutsetningene for en sunn aktivitet

Lagsplanen blir gjennomgått med resten av laget i lagsmøtet hvor håndverkerne kan komme med innspill og påvirke sin egen arbeidshverdag. I tillegg er leveranser og risikoreduserende tiltak for inneværende uke, og status på forrige ukens fremdrift sentrale tema i lagsmøtene.

Det nevnes fra flere intervjuobjekter at måten lagsplanene og forrige ukens fremdrift presenteres for håndverkerne i lagsmøtene på har endret seg. Lagsplanene før i tiden var tegninger på papir med en beskrivelse av hva man skulle gjøre hvor, når og med hvem, og bak tegningen var det stiftet et ark med de 7 forutsetningene. Etter lagsmøtet ble planen som håndverkerne hadde akseptert hengt opp på veggene i et stort format som et symbol på forpliktelse til planen. Planlagt aktivitet ble markert med en farge på tegningen og på neste lagsmøtet ble det tegnet en grønn strek som viste hvor langt arbeidet hadde kommet. Det som ikke ble fullført, ble tegnet med en rød strek.

To av intervjuobjektene påpeker at metoden var en fin måte å skape engasjement på, men det ble veldig synlig for alle hvis du ikke hadde produsert like mye, for da ble det mye rødt og lite grønt, og noen følte de ble fremstilt som at de gjorde en dårlig jobb. Samtlige av intervjuobjektene understreker at selv om det har skjedd endringer i lagsplanene og lagsmøtene, føler håndverkerne at de i like stor grad blir involvert og får muligheten til å påvirke sin egen hverdag.

To av intervjuobjektene forteller at de fortsatt bruker plantegninger i 2D til å lage lagsplaner og at de tusjer på plantegningen og kategoriserer arbeidet i ulike farger, skanner og sender den på e-post til arbeidslaget. Et av intervjuobjektene mener at den største forskjellen på lagsplanene før og etter digitale verktøy er at alle i dag har tilgang til planen digitalt.

## 4.4 Utfordringer med digitale verktøy

Intervjuobjektene deler flere av de samme oppfatningene rundt utfordringene med digitale verktøy i prosjektbasert produksjon. Blant disse er maskinvareutfordringer, programvareutfordringer, aksept og alderskultur, manglende tegningsforståelse i 2D, mindre engasjement og kostnader fremtredende stikkord. Videre presenteres de viktigste funnene.

### 4.4.1 Maskinvareutfordringer

I seks av ni intervjuer kommer det frem at det er utfordrende å bruke telefon og nettbrett, spesielt under betongarbeidet, fordi de arbeider ute i et vått, støvete og klissete miljø. Maskinvaren virker dårlig når den er våt, og det er vanskelig å trykke på skjermen og zoome inn og ut. Et av intervjuobjektene forteller at selv om det på noen prosjekt er montert skjermer med plexiglass i store verktøykasser er maskinvaren en utfordring, fordi man fortsatt må koble til telefonen som blir våt og klissete.

Det er enighet blant syv av intervjuobjektene at Dalux som tegningsgrunnlag og 3D-modell er et fint verktøy hvis man arbeider med en mindre aktivitet på et lite område, som for eksempel vegg, men på store arealer er det en utfordring. Dette begrunnes med at tegninger på telefonen eller nettbrett er tungvint når man arbeider over store flater, fordi det blir mye scrolling frem og tilbake og man får ikke til å se hele bildet. Driftslederen for betong uttaler at: *«Hvis man holder på med en bunnplate som er omtrent 1000 kvm stor, så blir telefonen en hemske fordi man ikke får til å se hele sammenhenger»*. En av arbeidslederne som tidligere har vært håndverker poengterer at det er stor forskjell på en liten telefon og en stor skjerm:

*«Jeg ser det spesielt etter jeg begynte å jobbe inne på anleggskontoret at det er mye enklere å få oversikt på en stor skjerm. Nå forstår jeg hvorfor de inne sa det ikke var noe problem. Vi må innse at det er en stor forskjell.»*

I tillegg til at det er vanskelig å se sammenhenger og få oversikt, forteller flere av intervjuobjektene at det er vanskelig å orientere seg på tegningen når man forstørrer fordi nummeret på akse forsvinner. Spesielt hvis det er lange eller store bygg, tar det veldig lang tid å finne frem, og det er fort at man kommer ut av det. Et av intervjuobjektene mener at det er et steg tilbake at man må gå flere mapper frem og tilbake for å finne alle tegningene fordi det er ofte man må inne på både to og tre tegninger og det blir veldig mye leting.

En av arbeidslederne synes det er en utfordring at håndverkerne bare vil bruke mobiltelefonen, selv om BIM-kiosker er tilgjengelig på flere prosjekt. Videre tror arbeidslederen at det forårsaker flere feil fordi man ikke har den samme oversikten på telefon eller nettbrett. To av intervjuobjektene forteller at de har prøvd BIM-kiosker, men de ble ikke mye brukt fordi det var noe ekstra som måtte være med hele tiden. En av basene synes BIM-kiosker er upraktiske og uttaler: *«Hvis du er på et stort prosjekt med mange etasjer så er man litt overalt og det blir veldig upraktisk å løpe ned til BIM-kiosken hver gang man skal se på tegningen»*.

### 4.4.2 Programvareutfordringer

Fra åtte av de ni intervjuene kommer det frem flere utfordringer ved programvaren Dalux i forbindelse med utføring av armeringsarbeid. Disse er videre beskrevet i punkter:

- Det er vanskelig å ta ut riktige mengder armering fra 3D-modellen.
- Den digitale bøvelisten er lengre og mindre lesbar enn den som finnes på papir, og

viktige opplysninger som bestillingsdato, leveringsdato, akser og detaljer finnes ikke.

- Det er utfordrende å granske armeringen i modellen for å kontrollere at den stemmer overens med bøyelisten.
- Det er vanskelig å se hvor rullarmeringen skal starte og avsluttes.
- Tilleggsarmering er ikke like synlig slik som på en plantegning.

I tillegg til de overnevnte utfordringene nevner flere av intervjuobjektene at i tilfeller hvor det skal legges samme type armeringsjern, men ulike partier skal legges med ulik senteravstand, er det vanskelig å fange opp i 3D-modellen akkurat hvor senteravstanden endrer seg. En av basene uttaler at analyseverktøyet i Dalux er den eneste måten å løse problemet på for da kan man filtrere senteravstanden på farge. Utfordringen er at man må ha en PC for programvaren ikke tillater det på telefon eller nettbrett.

Videre kommer det frem fra tre av intervjuene at det er vanskelig å få med seg når det kommer nye og reviderte tegninger. Ved nye revisjoner blir tegningene oppdatert i Dalux og brukerne av programvaren mottar et varsel om at tegningene må oppdateres, men ikke hva som er endret. Intervjuobjektene forteller at de må lete etter endringene og at det burde komme en tydeligere beskjed i programmet når tegningene oppdateres.

#### 4.4.3 Manglende aksept og alderskultur

Andre utfordringer som uttrykkes fra flere intervjuobjekter er aksept fra de ansatte samt å få med de som har en «*alt var bedre før*»-holdning. Et av intervjuobjektene forteller at det er mange av de unge som får høre alt for ofte at alt var mye bedre før. Videre påpeker intervjuobjektet at det var mye som var bra før, men mye har blitt bedre også takket være at det kommer nye krefter inn.

Et intervjuobjekt, som jobber på et prosjekt som både har papir og digitale verktøy forteller at den eldre garde sverger mer til papirtegninger, og de yngre sverger til telefon. En av arbeidslederne tror ingen kommer til å spørre om papirtegninger om noen år, for den generasjonen som ikke bruker digitale verktøy går av med pensjon snart, og den nye generasjonen som kommer er veldig digital. Videre uttrykker driftslederen at: «*Vi ser jo den nye generasjonen som kommer, de tar det mye lettere og raskere. Det er en utvikling som skjer*».

I tre av intervjuene fortelles det at det er en utfordring for mange å henge med og lære seg digitale verktøy, samt å se mulighetene det gir. Et intervjuobjekt mener at å være interessert, samt holde på mye med det er viktig for å lære. Et annet intervjuobjekt uttaler at «*dersom man føler man har bruk for det nye som kommer så vil man lære det automatisk, og ser man nytte i det så lærer man enda raskere*».

#### 4.4.4 Begrenset forståelse av 2D-tegninger

En utfordring med digitale verktøy som kommer frem i to av intervjuene er at flere og flere mister forståelsen til å lese tegninger i 2D, spesielt den yngre garde fordi de blir veldig opphengt i 3D-modellen. Videre fortelles det at 3D-modellen muliggjør å klikke på for eksempel en vegg for å se hvor bred og høy den er. Det er også mulig å se hvor mye betong veggen inneholder og hvor armeringen ligger. Utfordringen er ifølge intervjuobjektene at detaljene, senteravstandene og helhetsbildet ikke synes på samme måte av å bare se på en 3D-modell, og det er derfor lett at det oppstår feil. Et av intervjuobjektene mener lærlingene bare skulle fått 2D-tegninger å jobbe etter i starten, slik at de har opparbeidet en tegningsforståelse.



#### 4.4.5 Høye kostnader

Høye kostnader for innkjøp av digitale verktøy er en utfordring som nevnes i to intervjuer. Et av intervjuobjektene forteller at de mangler riktig verktøy for å kontrollere armeringen i modellen og at årsaken til mangelen er relatert til høye innkjøpskostnader. Ifølge intervjuobjektet er man avhengig av en 2-i-1 PC/nettbrett, en enhet som er lett å ta med seg og som både kan brukes som PC og nettbrett. Det andre intervjuobjektet uttaler at det er en bas som har fått et slikt verktøy til 40 000 kroner. Videre påpeker intervjuobjektet at det er lite til hjelp for alle de andre som trenger det og som ikke har det.

#### 4.4.6 Mindre engasjement og færre diskusjoner rundt tegningene

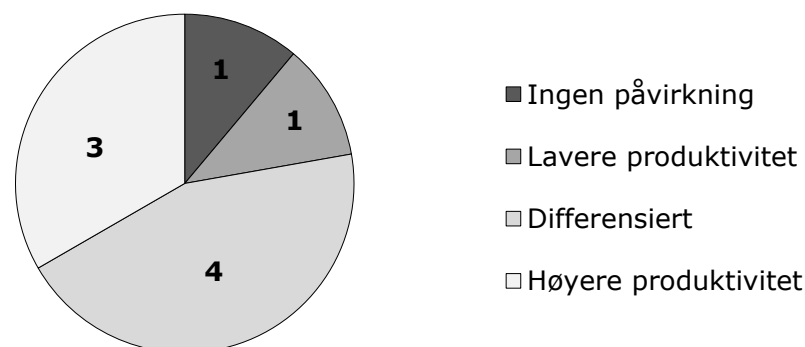
Mindre engasjement i lagsmøtene og i forbindelse med timeskrivingen, i tillegg til færre diskusjoner rundt tegninger er utfordringer knyttet til digitale verktøy som flere intervjuobjekter formidler. Ett av intervjuobjektene mener at den økte tilgangen på informasjon som følge av digitaliseringen er årsaken til at det er mindre engasjement i lagsmøtene. Før i tiden da alt var analogt var det et større behov for informasjon, noe som resulterte i flere spørsmål og diskusjoner, legger intervjuobjektet til.

To intervjuobjekt problematiserer mangelen på engasjement i forbindelse med timeføringen etter at prosessen ble digitalisert i applikasjonen Tempus. Ifølge intervjuobjektene ble det tidligere påpekt av basen, arbeidslederen eller noen på laget hvis noe ble glemt, for timene ble skrevet på papir i en perm som ble sendt rundt og alle kunne se hva de andre hadde skrevet. Det er ingen som kontrollerer timene på den måten lengre, alle sitter i sin egen «boble» ned i skjermen og fører timer, forteller et av intervjuobjektene.

Tre intervjuobjekter mener at det er en utfordring at digitale verktøy har ført til færre diskusjoner rundt tegningene og jobbrelaterte samtaler. Det kommer frem at papirtegningene før var mer synlig på vegger og bord, og det ble da ofte diskusjoner i pausene eller hvis noen gikk forbi tegningen. Et av intervjuobjektene uttaler at: «*I dag leser vi tegningene stort sett alene, jeg sitter med min telefon og studerer og zoomer på tegningen, og du med din*».

### 4.5 Digitale verktøy og produktivitet

I dette delkapittelet presenteres intervjuobjektene synspunkt om hvordan digitale verktøy påvirker produktiviteten i produksjon. Disse er oppsummert i Figur 4.4 og utdypes i fortsettelsen. Det presiseres at delkapittelet ikke gir et mål på hvordan digitale verktøy påvirker produktivitet, men en fremstilling av intervjuobjektene subjektive meninger.



**Figur 4.4: Intervjuobjektene meninger om digitale verktøy og produktivitet**

Et av ni intervjuobjekt tror ikke det er noen forskjell på produktiviteten i produksjon før og etter digitale verktøy, men påpeker at digitale verktøy ikke har redusert produktiviteten i produksjonen. «*Det at informasjonen er lettere tilgjengelig på telefonen er kanskje med på å bidra til at vi raskere kan komme i gang med arbeidet*», legger intervjuobjektet til.

Et annet intervjuobjekt mener at digitale verktøy har ført til lavere produktivitet og tror at hver person taper en til to timer hver dag ved å bruke digitale verktøy sammenliknet med papirtegninger. Intervjuobjektet begrunner det med at en papirtegning kan legges ned i storformat, og da ser man klart og tydelig hvor man er. På telefonen må man forstørre inn og ut, og regne sammen tallene. Videre forteller intervjuobjektet at i tilfeller hvor det er behov for tre til fire forskjellige tegninger, er det lett at man glemmer for eksempel en utsparingstegning fordi det blir for mange vendinger frem og tilbake.

Fire intervjuobjekter har delte meninger om hvordan digitale verktøy påvirker produktiviteten i produksjon. Et av de fire intervjuobjektene mener at det generelt tar lengre tid med digitale verktøy, sammenliknet med hva det ville gjort å bygge etter en oppdatert papirtegning. Intervjuobjektet uttaler at det brukes mye tid, spesielt blant unge på å studere hvordan ting skal se ut i 3D-modellen: «*Det står jo svart på hvitt hvordan det skal være, men likevel så skal noen innom 3D-modellen for å kontrollere. Det ender opp med at det tar tre ganger så lang tid enn det nødvendigvis trenger å gjøre*». Videre kommer det frem fra det samme intervjuobjektet at 3D-modellen er et fint verktøy til å visualisere hvordan ting skal se ut ved avanserte konstruksjoner og i andre tilfeller hvor det kreves at tegningen studeres ekstra godt. Dette for å unngå feil og spare tid, men stort sett er 3D-modellen en tidstyv.

Et annet intervjuobjekt som også har delte meninger, tror det er avhengig av alder og erfaring om digitale verktøy fører til økt produktivitet. For sin egen del tror ikke intervjuobjektet at digitale verktøy har ført til økt produktivitet, for det er mye tid som brukes til leting på telefonen. Videre legger intervjuobjektet til at de unge og uerfarne kanskje ikke hadde fått til å produsere etter bare papirtegninger og at de jobber raskere med digitale verktøy. Et tredje intervjuobjektet som har delte meninger svarer at «*det er avhengig av hvor dyktig man er til å bruke de digitale verktøyene, men det brukes for mye tid på telefonen*». Det fjerde intervjuobjektet mener at hvis man holder på med aktiviteter i små soner blir man mer effektiv ved hjelp av digitale verktøy, men ved arbeid i store områder som for eksempel dekker man blir mindre effektiv.

Videre mener tre andre intervjuobjekt at digitale verktøy har ført til høyere produktivitet. To intervjuobjekt begrunner det med at det er mindre feil og endringsarbeid fordi tegningene til enhver tid er oppdaterte og tilgjengelig. Et tredje intervjuobjekt tror at produktiviteten har økt på grunn av visualiseringen i 3D-modellen, fordi ting blir gjort riktig. Intervjuobjektet forteller at det før digitale verktøy ble stilt flere spørsmål om armeringstegningene fra de yngre og uerfarne, de synes det var utfordrende å se for seg hvordan ting skulle se ut bare ved hjelp av en plantegning i 2D.

## 4.6 PPU-målinger og analyse av årsaker til avvik fra plan

Dette delkapittelet presenterer observasjonsresultatene fra målingene av Prosent Planlagt Utført (PPU) og analysen av årsaker til avvik fra planen som er gjennomført på to ulike prosjekt. Et prosjekt som benytter papirtegninger og dokumenter i kombinasjon med digitale løsninger, og et heldigitalt og papirfri prosjekt.

#### 4.6.1 Analogt kombinert med digitalt prosjekt

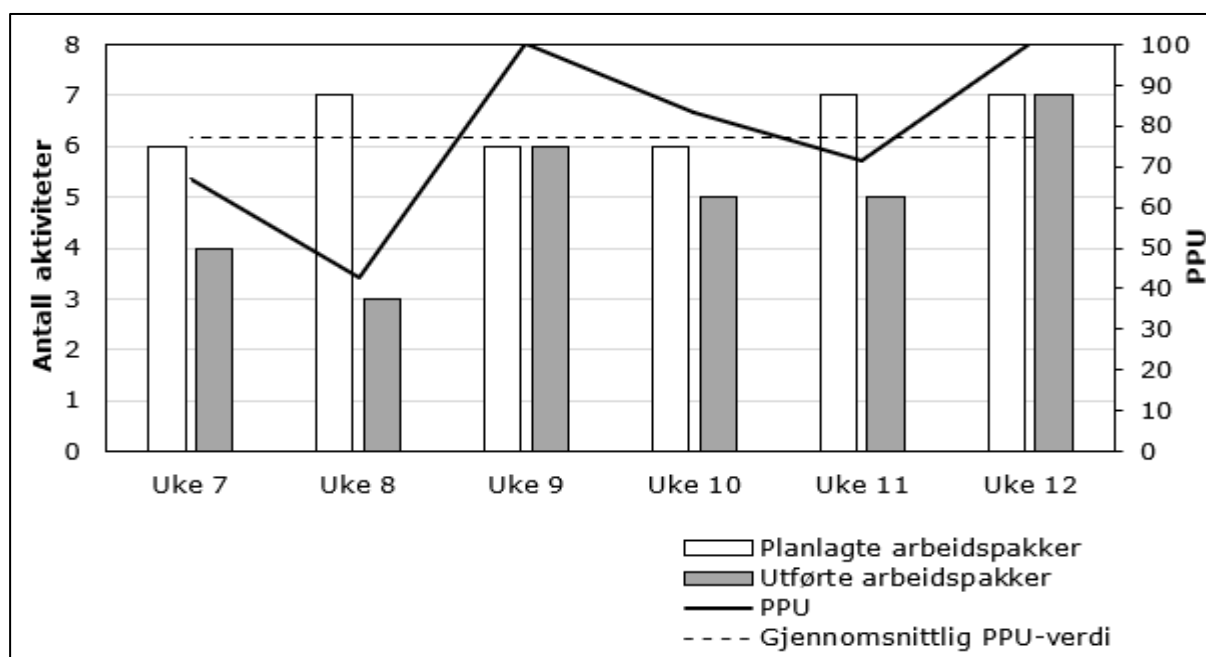
Tabell 4.1 presenterer resultatene fra målingene av PPU og årsakene til planavvik for prosjektet som bruker papirtegninger og dokumenter i kombinasjon med digitale verktøy.

Det er observert gjennom deltakelse i lagsmøter og påfølgende analyse av avvik at mannskap var årsaken til planavvik i alle ukene, forårsaket av sykdom eller flytting av ressurser til andre prosjekt. Dette sett bort fra uke 9 og 12 hvor det ikke var noen avvik, og alle planlagte aktiviteter ble gjennomført i henhold til planen. I uke 8 var årsaken til at aktiviteter ikke ble fullført også forårsaket av dårlig vær og informasjon.

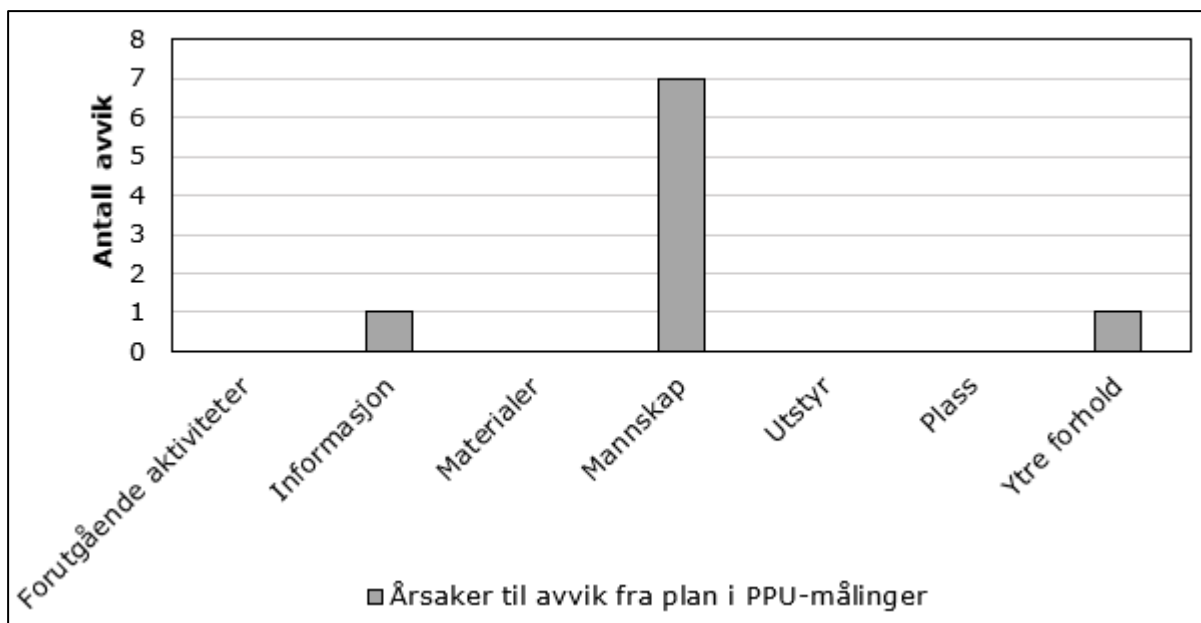
**Tabell 4.1: PPU-målinger fra et analogt kombinert med digitalt prosjekt**

Uke	Planlagte aktiviteter	Utførte aktiviteter	PPU	Årsaker til avvik fra planen						
				Forutgående aktivitet	Informasjon	Materialer	Mannskap	Utstyr	Plass	Ytre forhold
7	6	4	67 %				X			
8	7	3	43 %		X		X			X
9	6	6	100 %							
10	6	5	83 %				X			
11	7	5	71 %				X			
12	7	7	100 %							
<b>Gjennomsnittlig PPU-verdi</b>			77 %							

Figur 4.5 viser en grafisk fremstilling av PPU-målingene og illustrerer antall planlagte og utførte aktiviteter, inkludert en PPU uke for uke og en gjennomsnittlig PPU-verdi for perioden. En grafisk fremstilling av resultatene fra årsaksanalysen er illustrert i Figur 4.6.



**Figur 4.5: Grafisk fremstilling av PPU-målinger for analogt og digitalt prosjekt**



**Figur 4.6: Årsaker til avvik fra plan for analogt og digitalt prosjekt**

#### 4.6.2 Heldigitalt og papirfri prosjekt

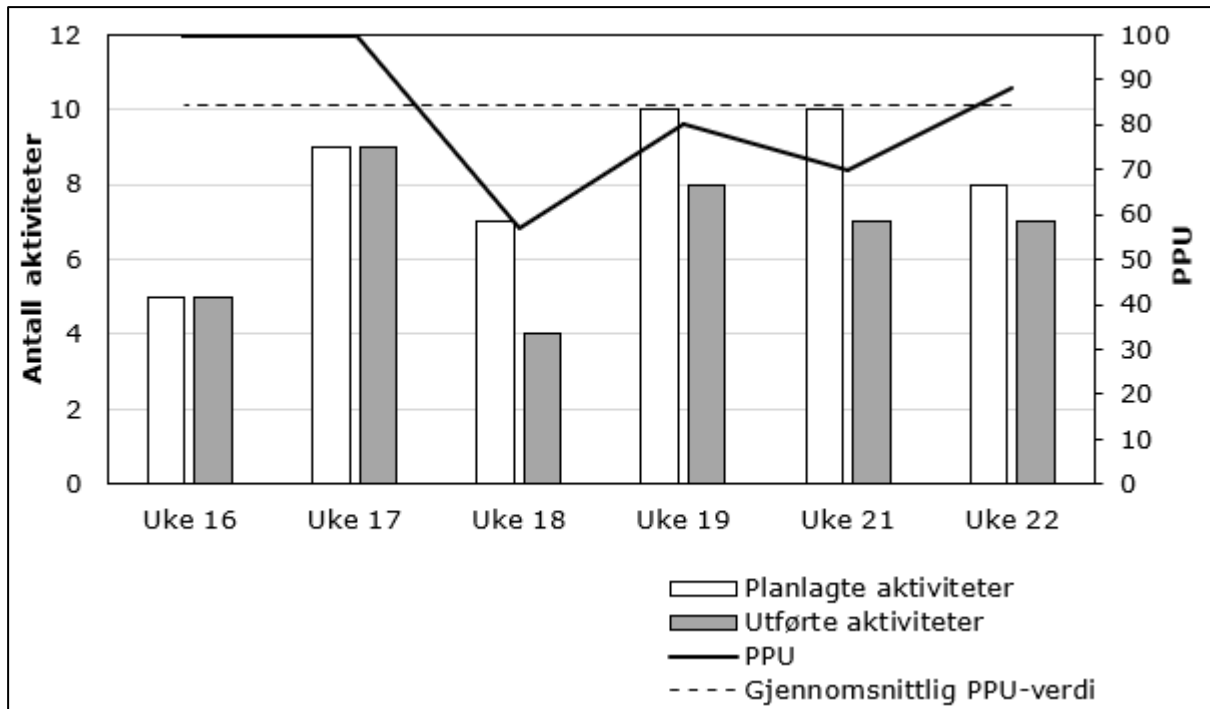
Tabell 4.2 presenterer resultatene fra målingene av PPU og årsakene til planavvik for det heldigitale og papirfrie prosjektet.

I uke 16 og 17 er ingen planavvik observert, og alle planlagte aktiviteter ble gjennomført i henhold til planen. Uke 18 hadde tre aktiviteter som ikke ble fullført grunnet forsinkelser fra grunntrepreneren. I uke 19 skyldes avvikene manglende materialer og forutgående aktivitet. Manglende ferdigstilling fra forutgående aktiviteter var også årsakene til avvik i uke 21. At materialer av riktig mengde ikke var tilgjengelig på arbeidsstedet var årsaken til planavvik i uke 22.

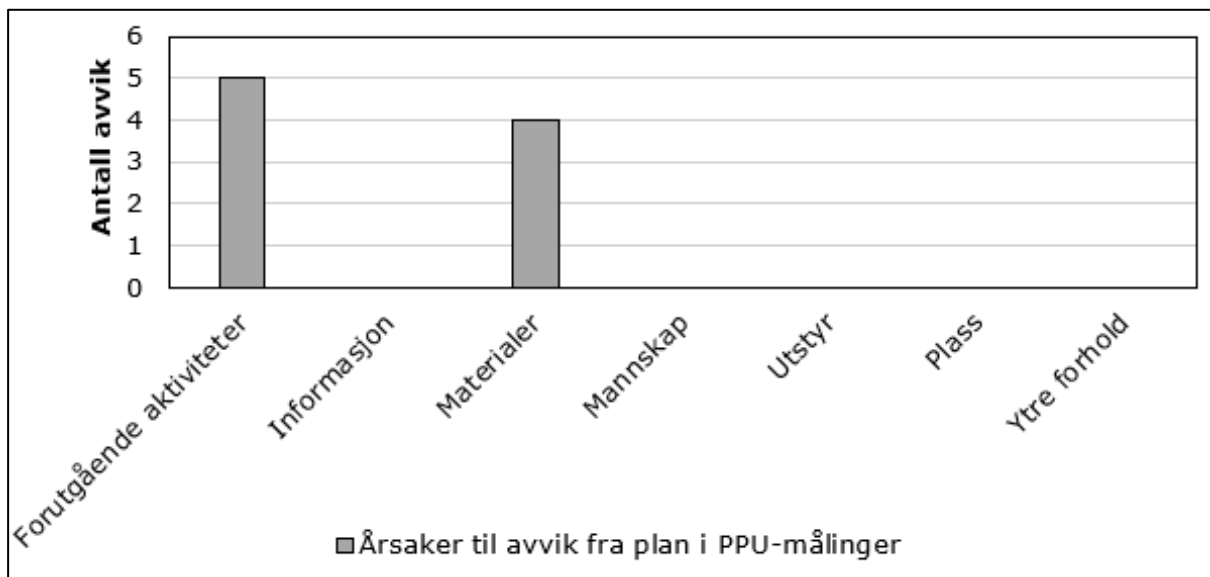
**Tabell 4.2: PPU-målinger og årsaker til avvik fra heldigitalt og papirfri prosjekt**

Uke	Planlagte aktiviteter	Utførte aktiviteter	PPU	Årsaker til avvik fra planen						
				Forutgående aktivitet	Informasjon	Materialer	Mannskap	Utstyr	Plass	Ytre forhold
16	7	7	100 %							
17	9	9	100 %							
18	7	4	57 %	X						
19	10	8	80 %	X		X				
21	10	7	70 %	X						
22	8	7	88 %			X				
<b>Gjennomsnittlig PPU-verdi</b>			83 %							

Figur 4.7 viser en grafisk fremstilling av PPU-målingene, antall planlagte og utførte aktiviteter, inkludert en PPU uke for uke og en gjennomsnittlig PPU-verdi for hele perioden. En grafisk fremstilling av resultatene fra årsaksanalysen er illustrert i Figur 4.8.



**Figur 4.7: Grafisk fremstilling av PPU-målinger for heldigitalt og papirfri prosjekt**



**Figur 4.8: Årsaker til avvik fra plan for heldigitalt og papirfri prosjekt**

## 4.7 Optimalisering av digitale verktøy og produktivitet

Intervjuobjektene ble spurt om hvordan digitale verktøy kan bidra til å forbedre produktivitet i produksjon. Tabell 4.3 presenterer de viktigste resultatene. Det understrekes at det som fremheves i tabellen kun er et utdrag av konkrete uttalelser fra noen av intervjuobjektene.

**Tabell 4.3: Utdrag av intervjuobjektene forslag til forbedring**

<b>Intervjuobjektene forslag til forbedringer</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Dele opp bygget i mindre deler på tegningen</li><li>– Fargekoder på aksene slik at man ser hvor de krysser</li><li>– Aksene med nummer følger med når man forstørrer tegningen</li><li>– Muligheter for å dele skjermen slik at man for eksempel kan se flere tegninger samtidig</li><li>– Direkte lenke fra plantegningen til detaljtegningen slik at man bare kan klikke på lenken for å komme til detaljen</li><li>– Bedre varsling når det kommer nye revisjoner på tegningen med en kort beskrivelse over hva som er endret og på hvilken tegning</li><li>– Bedre filtreringsverktøy på telefon og nettbrett</li><li>– Muligheten for å visualisere modellen i 3D med plantegningen under også på telefonen ikke bare på PC</li><li>– Få med de som utvikler programvaren ut i produksjon, slik at de får prøve og teste hvordan det fungerer i praksis</li><li>– Varsle tidlig i prosjekteringen hvordan man ønsker at tegningene og modellene skal være</li><li>– Ha en støttefunksjon i forhold til digitaliseringen tilgjengelig som kan bidra ved spørsmål og som ser og løser utfordringene underveis</li></ul>

Majoriteten av intervjuobjektene uttrykker at en kombinasjon av papir og digitale verktøy er det beste for å forbedre produktivitet i overgangsfasen og frem til de digitale verktøyene blir bedre. Det kommer videre frem at utviklingen fra analoge til digitale løsninger bør skje gradvis og at man ikke må forkaste det som fungerer før det nye er helt på plass, for da kan det bli stående en gruppe som blir rådvill og ikke får oversikt over hva de skal gjøre. En av basene forteller:

*«Man kan ikke legge bort alt det gamle og erstatte med noe som ingen har holdt på med før, da begynner man på en måte helt på nytt igjen. Vi må ta det gradvis og ikke skifte ut alt på en gang, for vi lever av dette og er avhengig av at det går i pluss. Det er viktig å få med alle, også de som har holdt på med dette i 40 år, for de sitter med mye nyttig kunnskap.»*

Et av intervjuobjektene mener at det alltid vil være utfordringer ved implementering av noe nytt og ukjent. Intervjuobjektet forteller at det ikke er mange år siden prosjektene startet med digitale verktøy og papirfrie byggeplasser, og at det må jobbes aktivt med utfordringene for at ting skal bli bedre og gi resultater på sikt. Et annet intervjuobjekt forteller at utviklingen går raskt og mener at digitale verktøy er noe man må henge med på for å være konkurransedyktig. Videre påpeker det samme intervjuobjektet at man ikke må være helt slavisk og «*ta alt for god fisk*» og tro at alt som er digitalt er bra, men være kritisk på en god måte og ikke avvise alt som er nytt.

## 5 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres resultatene fra dokumentstudien, intervjuene og observasjonene opp mot relevant teori fra litteraturstudien. Diskusjonen er strukturert etter forskningsspørsmålene. Målet er å til slutt kunne legge grunnlaget for masteroppgavens konklusjon og oppnå formålet med oppgaven.

### 5.1 Hvordan har digitale verktøy endret produksjonen på byggeplass?

Resultatene indikerer at bruken av mobile enheter i de siste årene har gjort sitt inntog på flere byggeplasser og åpnet opp for implementering av bærbare informasjonssystemer og kommunikasjonsverktøy. En vesentlig endring i produksjonen på byggeplass etter bruk av digitale verktøy er overgangen fra tradisjonelle papirdokumenter til digitale dokumenter. I tillegg har bruken av modelleringsverktøy som BIM, gått fra å være et prosjekteringsverktøy og forbeholdt lederne på anleggskontoret, til å bli et viktig verktøy også blant håndverkerne på selve byggeplassen.

Fra intervjuresultatene kommer det frem at alle håndverkere og ledere på byggeplasskontoret blir tildelt hver sin personlige smarttelefon med lisenser til ulike programvarer. Håndverkerne har også tilgang til nettbrett, og i enkelte prosjekt er det installert store skjermer innfelt i plexiglass montert i store verktøykasser med hjul tilgjengelig på byggeplassen, såkalte BIM-kiosker.

Dalux er programvaren som fremheves mest av intervjuobjektene og kan betraktes som en kombinasjon av et BIM-verktøy og et prosjektstyringsverktøy. Programvaren brukes både av håndverkerne og ledere på byggeplasskontoret til blant annet prosjektdokumentasjon, kvalitetssikring (KS), avvikshåndtering, utarbeide lagsplaner og til visualisering av bygget ved hjelp av en BIM-modell. I tillegg gir programmet mulighet for samhandling og kommunikasjon med andre prosjektdeltakere ved å legge til kommentarer, notater og markeringer både i BIM-modeller, tegninger og andre dokumenter. Funksjonene bidrar til organisering og administrasjon av prosjekter. I tillegg er det rimelig å anta at det fører til lettelse i kommunikasjonen og samarbeidet mellom prosjektdeltakere.

Videre kommer det frem fra intervjuene at Solibri og Tempus er to digitale verktøy som benyttes i prosjektbasert produksjon. Solibri er et også et BIM-verktøy, som brukes primært av lederne på byggeplasskontoret og basene til mengdeuttak, kollisjonskontroll og visualisering. Tempus derimot er en mobil applikasjon som hovedsakelig benyttes til timeregistrering.

#### 5.1.1 Fra tradisjonelle papirdokumenter til digitale dokumenter

Intervjuresultatene viser at prosessen med å oppdatere tegninger og ha riktig revisjon tilgjengelig var en utfordring da de tradisjonelle tegningene dominerte på byggeplassen. Det kommer videre frem at det ofte oppstod store hauger med utdaterte tegninger og håndverkerne kunne jobbe på feil tegningsgrunnlag i flere dager. Videre ble det brukt mye tid på å lete etter tegninger fordi de ble rotet bort eller blåst vekk av vinden.

Disse resultatene stemmer overens med Blokpoel (2003, referert i Harstad et al., 2015) sin påstand om at informasjonstap ofte fører til feil og videre gjentatte arbeidsprosesser i byggefasen på grunn av udaterte, feilaktige eller irrelevante dokumenter. Hovedårsaken til tap av informasjon i tradisjonelle byggeprosjekter er ifølge Blokpoel (2003, referert i Harstad et al., 2015) mangel på tilstrekkelige kommunikasjonsverktøy.

Selv om det finnes prosjekt som fortsatt bruker papirtegninger og dokumenter, viser funnene fra intervjuene at de fleste byggeprosjekter i dag er heldigitale og papirfrie. Det kan tyde på at informasjonsutvekslingen i papirform satte en begrensning for kommunikasjonen, og at det var et behov for en informasjonskilde i sanntid på byggeplassen (Anumba et al., 2004; Hewage & Ruwanpura, 2006). I dag finnes alle tegninger og dokumenter oppdatert og lett tilgjengelig i den digitale plattformen Dalux. Det legger til rette for at informasjonen kan komme raskere og mottas direkte på byggeplassen. I tillegg er den samme informasjon tilgjengelig for alle. Ifølge Chen og Kamara (2008) er dette den mest effektive måten for bygningspersonell å håndtere informasjon på, ettersom den kan hentes der de befinner seg og på det tidspunktet den behøves.

Tabell 5.1 er basert på intervjuresultatene og viser en tradisjonell prosess sammenliknet med en digital prosess ved bruk av digitale verktøy i forbindelse med skriving av sjekklister, som er en sentral del av kvalitetssikringsarbeidet (KS).

**Tabell 5.1: Tradisjonell vs. digital prosess for skriving av sjekklister**

<b>Tradisjonell prosess</b>	<b>Bruk av digitale verktøy</b>
1. Gå fra byggeplassen til anleggskontoret	1. Ta opp telefonen eller et nettbrett
2. Finn permen med sjekklister	2. Synkroniser programvaren og få alle dokumenter og lister over på det digitale verktøyet
3. Skriv håndskrevne notater på papir	3. Finn sjekklisten
4. Spesifiser tegningsnummer, revisjonsnummer og aksens bygningsdelen befinner seg i	4. Noter på det digitale verktøyet
5. Legg sjekklisten tilbake i permen	5. Dokumenter med bilder
6. Gå tilbake til byggeplassen	6. Lagre sjekklisten slik at det blir lastet opp og tilgjengelig for alle

Når en håndverker ute på byggeplass skal dokumentere at arbeidet som er utført er i henhold til gjeldende krav, er den tradisjonelle prosessen å gå til anleggskontoret, finne permen med sjekklister, fylle ut sjekklisten for hånd, legge sjekklisten tilbake i permen og gå tilbake. I etterkant må noen fra anleggsledelsen skanne dokumentet og laste det opp på en datamaskin. Ved bruk av et mobilt kommunikasjonsverktøy i form av en smarttelefon eller et nettbrett kan håndverkeren skrive sjekklister på byggeplassen uten å forlate arbeidsplassen. I likhet med funnene fra Harstad et al. (2015) sin studie viser resultatene at bruk av digitale verktøy i forbindelse med kvalitetsarbeid kan bidra til å redusere unødvendig transport til og fra anleggskontoret, forenkle det administrative arbeidet og gi en bedre kvalitet på dokumentasjonen. Arbeidet dokumenteres med bilder og lastes direkte opp i prosjektstyringsprogramvaren Dalux. Informasjonen er dermed sporbar, noe som gjør det enklere å bevise at ting er gjennomført på en transparent måte (Harstad et al., 2015).

Også i forbindelse med avvikshåndtering og timeføring kan det argumenteres for at bruk av digitale verktøy har forenklet det administrative arbeidet og forbedret kvaliteten på dokumentasjonen. Resultatene viser at det tidligere ble benyttet såkalte «grønnlapper» for



å skrive en rapport om en uønsket hendelse (RUH). Lappene ble skrevet for hånd og måtte senere logges inn i en database. Prosjektstyringsverktøyet Dalux muliggjør å opprette avvik og tildele observasjonen direkte til den som har ansvaret. Timeføring kan gjøres direkte i applikasjonen Tempus, noe som er rimelig å anta forenkler rapportgenerering og kontroll av arbeidsutførelse sammenliknet med de tradisjonelle metodene på papir.

### 5.1.2 Bruk av BIM

I tråd med litteraturen viser intervjuresultatene at mobile BIM-verktøy har fått en økende interesse og videre en viktig rolle blant håndverkene i produksjonen på byggeplass de siste årene. Dette muliggjør visualisering og samhandling med den tredimensjonale modellen uavhengig av fysisk plassering.

Fra intervjuene kommer det frem at det kreves erfaring for å forstå og se for seg hvordan ting skal se ut på en tradisjonell plantegning i 2D, og at uerfarne potensielt kan lære raskere ved å visualisere ved hjelp av en representasjon av bygget i 3D-format. Dette begrunnes i likhet med Bråthen og Moum (2016) sine funn om at en visualisering i 3D gir en mer helhetlig forståelse av det planlagte arbeidet, gir muligheten til å undersøke komplekse oppgaver og tilgang til detaljer som knapt kan ses på en tradisjonell tegning.

Imidlertid stopper ikke nytten av BIM-modeller ved visualisering alene. Det kommer frem at bruken av BIM har forenklet mengdeuttak sammenliknet med de tradisjonelle metodene som involverte manuell bruk av målestav og beregninger. Dette kan forklares at ved bruk av BIM er mye mer informasjon tilgjengelig sammenliknet med tradisjonelle tegninger. I tillegg til en digital representasjon av bygget i 3D, kan en BIM-modell inneholde mengder og egenskaper til bygningsdeler, romforhold og geografisk informasjon (Forbes & Ahmed, 2010; Van Berlo & Natrop, 2014). I dag kreves derfor kun et tastetrykk for å få tilgang til mengdene til ønsket bygningsdel.

### 5.1.3 Ukeplanlegging, lagsplan og lagsmøter

Dokumentstudien viser at Involverende planlegging (IP) er Veidekkes metodikk for fremdriftsplanlegging i prosjektbasert produksjon, som baserer seg på og er en videreutvikling av Last Planner. Sentralt i IP er involvering, der planer skal utarbeides i felleskap med de som skal utføre arbeidet. Alle skal ha kjennskap til og innflytelse på egne arbeidsoppgaver og planene skal lages gjennom å gi gjensidige løfter.

Planstrukturen og møtестrukturen er to hovedelementer i IP. Møtестrukturen er tilpasset de ulike planene og består av faseplanmøter, driftsmøter, basemøter, lagsmøter og morgenmøter. Arbeidsdeling i tid er et annet viktig prinsipp, der planleggingsfronten skal være lengre frem i tid jo høyere ledelsesnivå man befinner seg på. Håndverkerne fokuserer hovedsakelig på aktivitetene i den kommende uken gjennom sin egen planlegging i ukentlig lagsmøter som avholdes hver mandag.

Planleggingen av den påfølgende ukens fremdrift og utarbeidelse av lagsplaner gjennomføres hver torsdag. Til stede i ukeplanleggingen er arbeidsleder, baser og verneombud. Det er basen etter en dialog med resten av laget som setter føringer for hvilke aktiviteter som skal inkluderes i lagsplanen. I lagsmøtene presenteres lagsplanen, hvor håndverkerne kan komme med innspill og på den måten påvirke sin egen hverdag. I tillegg gjennomgås status på forrige ukes fremdrift samt leveranser og risikoreduserende tiltak for inneværende uke.

Fra intervjuene kommer det frem at måten lagsplanene og forrige ukes fremdrift presenteres for håndverkerne i lagsmøtene har endret seg etter bruk av digitale verktøy.

Lagsplanene har gått fra å være et tradisjonelt papirdokument til å bli et digitalt dokument som lages i den digitale plattformen Dalux, slik at alle til enhver tid har tilgang til planene. Det ser ut til at innholdet i planene er det samme, med unntak av at digitale verktøy muliggjør å inkludere et utklipp fra 3D-modellen.

Før bruken av digitale verktøy, ble planen som håndverkerne hadde bekreftet i lagsmøtet hengt opp på veggen i et stort format. Planlagt aktivitet ble markert med en farge, og på neste lagsmøtet ble det tegnet en grønn strek som viste hvor langt arbeidet hadde kommet. Det som ikke ble fullført, ble tegnet med en rød strek. Ettersom lagsplanene i dag finnes digitalt, og de fleste prosjekt er papirfri er det ikke mange prosjekt som har en stor plantegning på veggene som synliggjør hvem som har gjort hva på samme måte. Selv om dette er informasjon som i dag finnes digitalt, kan det se ut til at informasjonen er mindre synlig og at det kreves mer av hver enkelt å gå inn på en digital enhet og undersøke aktivitetenes status. Dette sammenliknet med å kaste et raskt blikk på veggen i tillegg til å få det presentert klart og tydelig sammen med laget på en plantegning som en integrert del i lagsmøtene.

Intervjuobjektene opplevde at enkeltpersoner med den tradisjonelle metoden følte de ble fremstilt som at de gjorde en dårlig jobb. Årsaken er at det ble veldig synlig dersom noen hadde et lavere tempo enn andre, for da ble det veldig mye rødt og lite grønt. Likevel kan det argumenteres for at metoden kan bidra til å skape et større engasjement og forpliktelse til planene.

Det er vanskelig å si om de overnevnte endringene i måten lagsplanene og forrige ukes fremdrift presenteres for håndverkerne i lagsmøtene på er en digitalisering av IP. Kalsaas (2017) understreker på dette temaet at digitalisering av Last Planner kan føre til at de grunnleggende og avgjørende egenskapene med hensyn til involvering da kan miste sitt potensial. Selv om det har skjedd endringer i lagsplanene og lagsmøtene kommer det frem i intervjuene at håndverkerne føler at de i like stor grad blir involvert og får muligheten til å påvirke sin egen hverdag.

## 5.2 Hvilke utfordringer er knyttet til digitale verktøy?

Fra resultatene kommer det frem at det er flere utfordringer knyttet til digitale verktøy. Herunder maskinvareutfordringer, programvareutfordringer, manglende aksept og alderskultur, manglende tegningsforståelse i 2D, kostnader, mindre engasjement og færre diskusjoner rundt tegningene. Videre i delkapittelet diskuteres disse funnene.

### 5.2.1 Maskinvareutfordringer

I likhet med teorien viser intervjuresultatene til flere utfordringer i forbindelse med bruk av mobile enheter som telefon og nettbrett, spesielt under betongarbeidet og før bygget er tett. Intervjuobjektene opplever at de tøffe arbeidsforholdene preget av et vått, støvete og klissete miljø påvirker maskinvarens ytelse og funksjonalitet. Det oppgis spesifikt at det er vanskelig å trykke på skjermen samt å zoome inn og ut. Svaalestuen et al. (2017) understreker i den sammenheng viktigheten av å ha maskinvare av høy kvalitet som er motstandsdyktig mot de påkjenningene de utsettes for. Videre fremheves betydningen av å ikke kjøpe det billigste alternativet og ha kunnskap om hvilke påkjenninger utstyret takler.

Det kommer også frem i intervjuene at bruk av telefoner eller nettbrett til tegningsgrunnlag og visualisering i 3D-modellen er nyttig ved arbeider på mindre områder, men byr på betydelige utfordringer når det gjelder arbeid på store arealer som dekker og bunnplater.

Intervjuobjektene gir uttrykk for at det er vanskelig å få et helhetlig bilde av tegningene på grunn av begrenset skjermstørrelse, noe som resulterer i hyppig scrolling frem og tilbake.

Manglende evne til å orientere seg på tegningen når man zoomer inn, er en annen utfordring intervjuobjektene fremhever. Dette skyldes at aksene forsvinner, og det blir dermed vanskelig å få et klart bilde av plasseringen og sammenhengen mellom ulike elementer. I tillegg kommer det frem at det brukes mye tid på å navigere mellom flere tegninger, da man må bla frem og tilbake i ulike mapper.

Det ser ut til at den begrensede skjermstørrelsen og vanskeligheten med å opprettholde orienteringen og navigere mellom flere tegninger kan føre til ineffektivitet og økt arbeidsbyrde for håndverkerne. Dette kan tyde på at bruk av mobile enheter som primærverktøy for tegningsgrunnlag og visualisering i 3D-modell kan være lite hensiktsmessig i enkelte tilfeller. Et av intervjuobjektene mener til og med at det forårsaker flere feil. Selv om alternative løsninger som BIM-kiosker er tilgjengelig på flere prosjekt, kommer det frem at de ikke blir mye brukt. Håndverkerne opplever det som en upraktisk løsning, fordi det krever noe ekstra som må være med. Ved store prosjekt med mange etasjer oppleves det som tungvint å finne BIM-kiosken for å se på tegningen.

### 5.2.2 Programvareutfordringer

Basert på funnene fra intervjuene fremgår det at brukervennlighet og funksjonalitet i programvaren Dalux er en utfordring spesielt ved utførelse av armeringsarbeid. Det viser seg at det er vanskelig å gjennomføre korrekt mengdeuttak fra 3D-modellen, bøyelisten som finnes digitalt er mindre lesbar og viktige opplysninger mangler. Det er rimelig å anta at disse faktorene kan resultere i vanskeligheter med å holde oversikt over bestillinger, noe som kan føre til overflødig eller utilstrekkelig mengder armering i prosjektene.

Videre kommer det frem at det er utfordrende å granske armeringen i modellen for å sikre samsvar med bøyelisen. Uklarheter rundt start- og sluttpunkter for rullarmeringen vanskeliggjør nøyaktig plassering. Tilleggsarmeringen er mindre synlig enn på en papirtegning, og det er vanskelig å fange opp i 3D-modellen hvor senteravstanden på armeringen endrer seg i tilfeller hvor ulike partier av samme armering skal legges med ulik senteravstand.

I tillegg til de ovennevnte programvareutfordringene synes tre av intervjuobjektene at det er utfordrende å få med seg oppdateringer og revisjoner i programvaren Dalux. Selv om det mottas et varsel når tegningen oppdateres, mangler brukerne spesifikk informasjon om de konkrete endringene. Håndverkerne må derfor bruke tid på å lete etter endringene, noe som kan bidra til å skape usikkerhet, misforståelser eller feil i arbeidsprosessen.

Programvareutfordringer belyses også i teorien, men i motsetning til intervjuresultatene fremheves interoperabilitetsproblemer, begrensninger i programvarens håndtering av store datamengder, samt manglende kunnskap og erfaring blant de som utvikler programvaren (Bryde et al., 2013). I forbindelse med interoperabilitetsproblemer påpeker Svalestuen et al. (2017) at det bør tas i betraktning før investering av utstyr at ikke alle programvarer støtter alle operativsystem.

Utfordringer knyttet til datasikkerhet og nettverkstilgang er også fremtredende i litteraturen. Som en konsekvens av at de mobile enhetene er lett å bære med seg, er de også lett å miste eller legge bort (Harstad et al., 2015). Uten et sikkert passord er det dermed lett at utenforstående får tilgang til sensitiv prosjektinformasjon. Svalestuen et al.

(2017) anbefaler i den sammenheng gode sikkerhetsrutiner og bruk av virtuelt privat nettverk (VPN) for tilgang til dokumentdatabaser eller andre sensitive ressurser.

Videre kommer det frem at en rask og stabil internettforbindelse er essensielt på byggeplassen for at dokumenter, tegninger og modeller skal kunne synkroniseres i sanntid (Harstad et al., 2015; Oesterreich & Teuteberg, 2016). I områder utenfor bysentrum, hvor mobilnettverkstilgangen er begrenset, kan dette skape utfordringer. Håndverkere kan bli nødt til å returnere til anleggskontoret for å oppdatere og synkronisere tegningene. På bakgrunn av dette er det rimelig å anta at det kan oppstå utfordringer i form av unødvendige forsinkelser og brudd i arbeidsflyten, i tillegg til å begrense muligheten for realtidskommunikasjon og samhandling. Chen et al. (2015) understreker i den sammenheng betydningen av sanntidssynkronisering av informasjon med den pågående byggeprosessen. Manglende synkronisering kan føre til at BIM-modellen blir «blind og døv», noe som kan hindre det digitale verktøyet i å være et fullkomment beslutningsverktøy.

### 5.2.3 Manglende aksept og alderskultur

Manglende aksept fra de ansatte samt å få med de som har en «alt var bedre før holdning» er en utfordring ved implementering av digitale verktøy som kommer frem fra intervjuresultatene. Flere unge opplever å høre at alt var bedre før, og det viser seg at spesielt den eldre garde foretrekker de tradisjonelle metodene fremfor bruk av digitale verktøy. Selv om det kommer frem at de fleste byggeplasser i dag er papirfrie, oppgir flere av intervjuobjektene at de fortsatt har arkivskap og bruker papirtegnings. Dette funnet reiser spørsmål om hvorfor arbeidere motsetter seg den fullstendige overgangen til ny teknologi og kan knyttes til det Markus (2004) omtaler som en «technochange». En bruk av ny teknologi som fører til store organisatoriske endringer, høy risiko og potensielt høy belønning. Arbeidere som tidligere benyttet papirtegnings, opplever å bli utsatt for ny teknologi. En mulig risiko forbundet med en slik overgang er nettopp at arbeiderne ikke vil ta i bruk den nye teknologien (Markus, 2004). Dette kan skyldes ulike faktorer, men en mulig årsak kan være manglende kompetanse eller frykt for endringer i arbeidsrutinen.

Fra intervjuene kommer det frem at å lære de digitale verktøy samt å se mulighetene det gir, er en utfordring for mange. Videre er en interessant uttalelse fra et av intervjuobjektene at arbeidere som føler behov for og ser potensielle fordeler ved digitaliseringen, er også mer motiverte for å lære seg teknologien. Dette harmonerer med litteraturen og Nordahl-Rofsen (2016) sin påstand om at hvorvidt enkeltpersoner aksepterer å ta i bruk ny teknologi er avhengig av om de oppfatter digitaliseringen som fordelaktig eller hemmende for å utføre jobben. Svalestuen et al. (2017) påstår at dersom arbeiderne ikke vet hvordan de skal bruke digitale verktøy, ser de heller ikke fordelene ved å bruke det. Disse funnene kan tyde på at kunnskap og opplæring er essensielt for at arbeiderne skal akseptere teknologien.

### 5.2.4 Begrenset forståelse av 2D-tegninger

Fra resultatene kommer det frem at stadig flere unge håndverkere har begrenset evne til å lese og tolke 2D-tegninger, da de hovedsakelig bruker 3D-modellen. Intervjuobjektene fremhever dette som en utfordring ettersom det potensielt kan øke risikoen for feil. Selv om modellen bringer med seg visse fordeler, som visualisering av bygget og tilgang til detaljert informasjon om materialer, kan den samtidig begrense evnen til å oppfatte detaljer og danne et helhetlig bilde.

Harstad et al. (2015) støtter opp under dette og argumenterer for at bruk av 2D-tegninger i kombinasjon med 3D-modeller kan bidra til å forbedre forståelsen av det som skal bygges. Det fremheves at bruk av 3D-modeller gir en realistisk visualisering av hvordan komponentene henger sammen, og deretter kan detaljene studeres mer grundig ved hjelp av 2D-tegningene. Dette kan tyde på at for å oppnå en mer helhetlig forståelse av prosjektet og for å unngå potensielle feil vil det være nødvendig å integrere begge tilnærmingene.

### 5.2.5 Høye kostnader

Litteraturen understøtter funnene fra intervjuene om at høye kostnader er en barriere for økt grad av digitalisering. Manglende utstyr problematiseres i to intervju og det kommer frem at det skyldes høye innkjøpskostnader. Det kan argumenteres for at en mulig årsak til at byggefirmaer nøler med å investere i ny teknologi, er den utfordrende oppgaven med å rettferdiggjøre kostnadene i forhold til nytteverdien (Harstad et al., 2015; Smith, 2014). På grunn av mange komplekse sammenhenger som må tas i betraktning, kan det ta år før dokumenterte fordeler overstiger ulempene og kostnad/nytte-forholdet kan forsvares.

### 5.2.6 Mindre engasjement og færre diskusjoner rundt tegningene

Fra intervjuene kommer det frem at engasjementet i lagsmøtene er blitt dårligere enn før. Et av intervjuobjektene forklarer dette med at informasjonen nå er mer tilgjengelig for håndverkerne, noe som reduserer behovet for å stille spørsmål og diskutere. Imidlertid er det rimelig å anta at nedgangen i engasjementet ikke nødvendigvis bare skyldes den økte tilgjengeligheten av informasjon etter bruk av digitale verktøy. Det er mulig at flere faktorer kan spille inn, som for eksempel endringer i arbeidsmiljø og arbeidsrutiner.

I tillegg problematiserer to intervjuobjekt manglende engasjement etter digitaliseringen av timeføringen. Det kommer frem at basen, arbeidslederen eller andre håndverkere på laget tidligere kontrollerte hva som ble ført av timer, og påpekte eventuelle forglemmelser. Dette skyldes at timene ble skrevet på papir i en perm som ble sendt rundt, og alle kunne dermed se hva de andre hadde skrevet. Denne formen for synlighet og kontroll ser ikke ut til å lenger være til stede, da hver enkelt håndverker nå fyller ut timene individuelt på hver sin mobile enhet. Dette anses som en utfordring som kan føre til at feil, unøyaktigheter eller forglemmelser ikke oppdages eller blir korrigert i samme grad som tidligere.

Færre diskusjoner rundt tegningene og jobbrelaterte samtaler beskrives også som utfordringer av intervjuobjektene. Det kommer frem at i tiden da tegningene var på papir var de mer synlig på vegger og bord, noe som førte til flere spontane diskusjoner og samtaler. I dagens digitale tid leses tegningene hovedsakelig individuelt av håndverkerne på hver sin mobile enhet. Det kan se ut til at det individuelle fokuset på de digitale enhetene har ført til en reduksjon i utvekslinger av ideer, samarbeid og felles problemløsning på arbeidsplassen.

## 5.3 Hvordan påvirker digitale verktøy produktivitet?

Det er interessant å se på intervjuobjektene synspunkt om hvordan digitale verktøy påvirker produktivitet, da resultatene og Figur 4.4 viser at det er betydelige variasjoner i deres meninger. Et intervjuobjekt tror ikke digitale verktøy har en påvirkning på produktivitet, mens et annet hevder at hver person taper mellom en til to timer hver dag sammenliknet med tradisjonelle metoder. Det begrunnes med at det er vanskeligere å navigere på de mobile enhetene, og at det i tilfeller hvor det er behov for flere tegninger

blir mye vendinger frem og tilbake i ulike mapper. Noe som kan føre til manglende oversikt over arbeidsprosessen og at tegninger blir utelatt.

Fire av intervjuobjektene har en mer differensiert oppfatning og tror at påvirkningen digitale verktøy har på produktivitet er avhengig av ulike faktorer som alder, erfaring, ferdighetsnivå, og om man arbeider i store eller små områder. Det ser ut til at den yngre garde jobber mer effektivt ved hjelp av digitale verktøy, mens de eldre og erfarne som tidligere har benyttet papirtegninger bruker mer tid. Videre er et motargument til økt produktivitet som kommer frem i flere intervju, at det brukes for mye tid på de mobile enhetene.

På den andre siden mener tre av intervjuobjektene at digitale verktøy har ført til økt produktivitet. Argumentasjonene baserer seg på reduksjon av feil og endringsarbeid ved å ha oppdaterte og tilgjengelige tegninger til enhver tid, samt muligheten til å visualisere i 3D-modellen for å bedre forstå hvordan ting skal se ut. Det siste argumentet samsvarer med Forbes og Ahmed (2010) sin påstand om at bruk av bygningsmodeller bidrar til færre feil og konflikter, som videre kan føre til en økning i produktivitet. I likhet mener Sjøgren et al. (2017) at digitale tegninger og 3D-modeller kan effektivisere eksisterende arbeidsprosesser.

Fra PPU-målingene kommer det frem at det heldigitale og papirfrie prosjektet har en høyere gjennomsnittlig PPU-verdi på 83 %, sammenliknet med 77 % for prosjektet som bruker analoge løsninger i kombinasjon med digitale verktøy. Dette er presentert i Tabell 4.1 og Tabell 4.2 og videre fremstilt grafisk i Figur 4.5 og Figur 4.7 i resultatkapittelet. Funnene viser dermed at det er en differanse på 6 prosentpoeng i gjennomsnittlig PPU-verdi mellom de to prosjektene.

Hensikten med å måle PPU for de to ulike prosjektene var som tidligere nevnt å kunne gi en indikasjon på hvordan digitale verktøy påvirker produktivitet. Målinger av arbeidsplanen ukentlig på PPU og videre analyse av årsaker til avvik, er en sentral del av prinsippet kontinuerlig forbedring og læring i Last Planner (Kalsaas, 2017). Selv om litteraturen viser at PPU ikke er et direkte mål på produktivitet, men et mål på flyt i produksjonen eller planpålitelighet, viser tidligere forskning til en regresjonsanalyse som illustrerer en positiv korrelasjon mellom produktivitet og arbeidsflyt målt som PPU (Liu & Ballard, 2008). Basert på disse funnene ser det ut til at digitale verktøy har hatt en positiv innvirkning på produktiviteten, selv om påvirkningen anses som mindre.

Fra dokumentstudiet kommer det videre frem at i Involverende Planlegging, danner de 7 forutsetningene for en sunn aktivitet strukturen for hvordan en hindringsanalyse skal gjennomføres. Disse forutsetningene er forutgående aktiviteter, informasjon, materialer, mannskap, utstyr, plass og ytre forhold. Figur 4.6 og Figur 4.8 er utarbeidet basert på disse forutsetningene og illustrerer ved hjelp av to stolpediagram årsakene til avvik fra planene. Fra Figur 4.6 kommer det frem at hovedårsaken til avvik fra planen for det analoge kombinert med digitale prosjektet skyldes mannskap, etterfulgt av informasjon og ytre forhold. Figur 4.8 viser at hovedårsaken til avvik fra planen for det heldigitale og papirfrie prosjektet skyldes forutgående aktiviteter og manglende materialer.

Selv om det ut fra PPU-målingene ikke kan trekkes konklusjoner i at digitale verktøy har ført til en stor økning i produktivitet, viser årsaksanalysen for det heldigitale og papirfrie prosjektet at det er ingen avvik tilknyttet forutsetningen informasjon. Imidlertid hadde prosjektet som benytter analoge løsninger kombinert med digitale verktøy slike avvik. For det heldigitale og papirfrie prosjektet er det dermed ingen avvik som skyldes udaterte,

feilaktige eller irrelevante dokumenter, som ifølge Blokpoel (2003, referert i Harstad et al., 2015) var hovedårsaken til feil og videre gjentatte arbeidsprosesser i de tradisjonelle byggeprosjektene. Dette kan tyde på at det manglende informasjons- og kommunikasjonsbehovet slik Samuelson (2003) påpekte var årsaken til de lave produktivitetstallene i bransjen, nå på grunn av digitale verktøy er tilfredsstillende møtt.

## 5.4 På hvilken måte kan digitale verktøy bidra til å forbedre produktivitet?

Selv om funnene indikerer at digitale verktøy har hatt en positiv effekt på produktiviteten i prosjektbasert produksjon, kommer det frem fra resultatene at dagens digitale verktøy har et potensial for å bidra til ytterligere forbedring.

I intervjuene ble det foreslått forbedringer knyttet til den begrensede skjermstørrelsen og vanskeligheten med å opprettholde orienteringen på de mobile enhetene. Forslagene inkluderer å dele bygget opp i mindre deler på tegningen, bruke fargekoder på aksene for å markere kryssinger og at nummeret på aksene forblir synlig også når tegningene forstørres. For enklere navigering mellom tegningene ble det foreslått å dele skjermen for samtidig visning av flere tegninger og innføre direkte lenker fra plantegningene til detaljtegningene. Videre etterspør intervjuobjektene bedre varsling ved nye revisjoner og forbedrede filtreringsmuligheter i programvaren på mobile enheter. I tillegg til å visualisere modellen i 3D sammen med plantegningen, også på telefon og nettbrett.

Andre forslag fra intervjuene er å få med de som utvikler programvaren ut i produksjonen, slik at de kan prøve og teste hvordan det fungerer i praksis. I tillegg foreslås å varsle tidlig i prosjekteringen hvordan det er ønskelig at tegningene og modellene skal være. Tidlig involvering er ifølge Eastman et al. (2011) essensielt for å kunne utnytte fordelene ved BIM. På den måten kan tegningene utarbeides slik at det blir minst mulig skyvning frem og tilbake på de mobile enhetene for å finne informasjonen man trenger. Tegningene kan også målsettes på en måte slik at man unngår å legge sammen og trekke fra mange mål for å komme frem til de målene man trenger for å bygge.

Videre kommer det frem fra intervjuene at en kombinasjon av papir og digitale verktøy anses som den mest hensiktsmessige tilnærmingen for å forbedre produktiviteten inntil utfordringene er tatt hånd om. Dette fordi det gir alle involverte tid til å tilpasse seg endringene og sikrer at ingen blir stående rådvill med manglende oversikt over arbeidsoppgaver og prosesser. Det er likevel rimelig å anta at dette er en vurdering som bør gjøres på hvert enkelt prosjekt ut fra individuelle behov og forutsetninger. Selv om det ser ut til at den eldre generasjonen foretrekker tradisjonelle metoder, er det viktig å få med seg de også i endringsprosessen ettersom de sitter med mye verdifull kunnskap og erfaring.

Byggebransjen står i dag midt i en rask og omveltende teknologisk utvikling og digitalisering er noe man må henge med på for å være konkurransedyktig (Karlsen et al., 2020; Sjøgren et al., 2017). Samtidig må man ikke tenke at alt som er digitalt er bra, men være kritisk på en god måte og ikke avvise alt som er nytt. I fremtiden vil den generasjonen som er vokst opp med digitale verktøy dominere på byggeplassene. I kombinasjon med den raske teknologiske utviklingen er det rimelig å anta at papirtegninger gradvis vil forsvinne helt. Dersom digitale verktøy skal kunne bidra til å forbedre produktiviteten i prosjektbasert produksjon, anbefales det at utfordringene reduseres. I Tabell 5.3 er de prioriterte utfordringene, som anses å være størst, oppsummert og listet opp med tilhørende anbefalinger til initiativer. Det understrekes at noen av initiativene som er

foreslått for maskinvareutfordringer kan gjelde for programvareutfordringer og motsatt. I tillegg til anbefalingene listet i tabellen vurderes det som hensiktsmessig å ha en støttefunksjon i forhold til digitaliseringen tilgjengelig, som kan bidra ved spørsmål og som ser og løser utfordringene kontinuerlig.

**Tabell 5.2: Initiativer for å redusere utfordringene knyttet til digitale verktøy**

	<b>Initiativer</b>
<b>Maskinvareutfordringer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dele opp bygget i mindre deler på tegningen</li> <li>– Fargekoder på aksene</li> <li>– Nummer på aksene også når man forstørrer tegningen</li> <li>– Muligheter for å dele skjermen slik at man kan se flere tegninger samtidig</li> <li>– Direkte lenke fra plantegningen til detaljer</li> <li>– Varsle tidlig i prosjekteringen hvordan man ønsker at tegningene og modellene skal være</li> </ul>
<b>Programvareutfordringer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bedre varsling ved nye revisjoner på tegningen med en kort beskrivelse over hva som er endret og på hvilken tegning</li> <li>– Bedre filtreringsverktøy</li> <li>– Muligheten for å visualisere 3D-modellen med plantegningen under også på mobile enheter</li> <li>– Få med de som utvikler programvaren ut i produksjonen</li> </ul>
<b>Manglende aksept og alderskultur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Veiledning og opplæring slik at økt kunnskap oppnås</li> </ul>



## 6 Konklusjon

Dette kapittelet starter med å svare på oppgavens fire forskningsspørsmål for å oppnå formålet med oppgaven. Avslutningsvis presenteres forslag til videre forskningsarbeid.

### 6.1 Hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten

Formålet med masteroppgaven er å øke kunnskapen om hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten i byggenæringens prosjektbaserte produksjon. For å oppfylle formålet ble det utarbeidet følgende fire forskningsspørsmål:

1. *Hvordan har digitale verktøy endret produksjonen på byggeplass?*
2. *Hvilke utfordringer er knyttet til digitale verktøy?*
3. *Hvordan påvirker digitale verktøy produktivitet?*
4. *På hvilken måte kan digitale verktøy bidra til å forbedre produktivitet?*

Digitale verktøy har endret produksjonen på byggeplass på flere måter. Bruken av mobile enheter har i de siste årene gjort sitt inntog på flere byggeplasser og åpnet opp for bærbare informasjonssystemer, kommunikasjonsverktøy og modelleringsverktøy. Tradisjonelle tegninger, lister, planer og andre dokumenter har gått fra å være papirbasert til å tilpasses det digitale formatet. Informasjonen kan mottas raskere, direkte på byggeplassen og den samme informasjonen er tilgjengelig for alle. I forbindelse med kvalitetsarbeid, avvikshåndtering og timeføring har digitale verktøy bidratt til å redusere unødvendig transport til og fra anleggskontoret, forenklet det administrative arbeidet og forbedret kvaliteten på dokumentasjonen.

Bruk av BIM i produksjonen på byggeplass har gitt håndverkerne en mer helhetlig forståelse av det planlagte arbeidet, muligheten til å undersøke mer komplekse oppgaver, økt tilgang til detaljer og en forenklet prosess for mengdeuttak. I forbindelse med Involverende Planlegging har digitale verktøy endret hvordan lagsplanene og forrige ukes fremdrift blir presentert for håndverkerne under lagsmøtene. Likevel føler håndverkerne at de i like stor grad blir involvert og får muligheten til å påvirke sin egen hverdag.

Identifiserte utfordringer knyttet til digitale verktøy er maskinvareutfordringer, programvareutfordringer, aksept fra de ansatte, alderskultur, begrenset forståelse av 2D-tegninger, høye kostnader, samt mindre engasjement og færre diskusjoner rundt tegningene. Videre indikerer funnene at digitale verktøy har hatt en positiv innvirkning på produktivitet, selv om påvirkningen anses som mindre. Det ser ut til at det manglende informasjons- og kommunikasjonsbehovet, som førte til udaterte, feilaktige eller irrelevante dokumenter i de tradisjonelle prosjektene nå på grunn av digitale verktøy er tilfredsstillende møtt.

Det konkluderes med at dersom bruk av digitale verktøy skal bidra til å øke produktiviteten i prosjektbasert produksjon, anbefales det å iverksette følgende initiativer:

- Dele bygget opp i mindre deler på tegningen og bruke fargekoder på aksene for å gjøre det lettere å orientere seg og se sammenhenger ved mindre skjermstørrelse.

- Forenkle navigeringen mellom flere tegninger i programvaren ved å dele skjermen for samtidig visning av flere tegninger og innføre direkte lenker fra plantegningene til detaljtegningene.
- Forbedre varslingsystemet ved nye revisjoner og innføre flere filtreringsmuligheter i programvaren på de mobile enhetene.
- Muliggjøre visualisering av plantegningene sammen med 3D-modellen også på nettbrett og telefon.
- Få med de som utvikler programvaren ut i produksjonen og varsle tidlig i prosjekteringen hvordan det er ønskelig at tegningene og modellene skal være.
- Utarbeide en støttefunksjon som ser og løser utfordringene kontinuerlig, og som kan bidra med veiledning og opplæring slik at økt kunnskap oppnås.

## 6.2 Videre arbeid

Denne forskningen er basert på et begrenset antall respondenter fra en bedrift. Det kan derfor tenkes at resultatene ikke er 100 % relevante for alle prosjekter. Til videre forskningsarbeid kan det derfor være interessant å se hvordan forskningsspørsmålene ville tatt form ved en datainnsamling fra flere ulike entreprenørbedrifter. Dette kan gi lærdom og en bredere forståelse av hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten i prosjektbasert produksjon som en helhet i byggebransjen.

En større begrensning i studien er at den kun fokuserer på spesifikke digitale verktøy. Slik det kommer frem av litteraturen, er digitalisering et vidt begrep som i tillegg omfatter aspekter som blant annet standardisering, industrialisering og automatisering. Et forslag til videre arbeid er derfor å inkludere disse formene for digitalisering.

En sammenlikning av kostnadene ved digitaliseringen med de nytteverdiene eller gevinstene som forventes og oppnås kan også greies ut i større grad ved videre forskning. En sammenlikning av prosjektkostnadene til et heldigitalt prosjekt opp mot et tradisjonelt prosjekt kunne også vært et interessant videre forskningsarbeid for å undersøke om digitaliseringen har ført til økonomisk verdi.

I tillegg kan det være interessant undersøke hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten også i andre deler av byggeprosessen, som for eksempel prosjekteringsprosessen.

# Referanser

- Albriksen, R. O. (1989). *Produktivitet i byggebransjen. Forskjeller i produktivitet: Teori, metode, analyser, forklaringer*. Norges byggforskningsinstitutt.
- Anumba, C. J., Bowden, S. L., Dorr, A., & Thorpe, A. (2004). Mapping site processes for the introduction of mobile IT. *Proc. 5th European Conf. on Product and Process Modelling in Building Industry*.
- Arditi, D., & Mochtar, K. (2000). *Trends in productivity improvement in the US construction industry*. <https://doi.org/10.1080/014461900370915>
- Ballard, G., Hammond, J., & Nickerson, R. (2009). Production Control Principles. *Proceedings of IGLC17: 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Ballard, H. G. (2000). *The last planner system of production control* [Doctoral thesis]. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971–980. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>
- Bråthen, K., & Moum, A. (2016). Bridging the gap: Bringing BIM to construction workers. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 23(6), 751–764. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2016-0008>
- Bølviken, T. (2012). On the categorization of production: The organization—Product matrix. In: *Tommelein, I. D. & Pasquire, C. L., 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, California, USA, 18-20 Jul 2012*.
- Chen, K., Lu, W., Peng, Y., Rowlinson, S., & Huang, G. Q. (2015). Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework. *International Journal of Project Management*, 33(6), 1405–1416. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.03.006>
- Chen, Y., & Kamara, J. M. (2008). Using mobile computing for construction site information management. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 15.
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving* (6. utgave). Gyldendal akademisk.
- Dvergsdal, H. (2023). Digitalisering. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/digitalisering>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (Red.). (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2. utgave). John Wiley & Sons, Inc.
- Eikeland, P. T. (2001). *Samspillet i byggeprosessen—Teoretisk analyse av byggeprosesser*.
- Elsevier. (u.å.). *About Scopus | Abstract and citation database | Elsevier*. Beta.Elsevier.Com. Hentet 19. mai 2023, fra <https://beta.elsevier.com/products/scopus>
- Forbes, L. H., & Ahmed, S. M. (2010). *Modern Construction: Lean project delivery and integrated practices* (1. utgave). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10260>
- Grønmo, S. (2021). Forskningsmetode—Samfunnsvitenskap. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/forskningsmetode\\_-\\_samfunnsvitenskap](http://snl.no/forskningsmetode_-_samfunnsvitenskap)

- Grønmo, S. (2023a). Kvalitativ metode. I *Store norske leksikon*.  
[http://snl.no/kvalitativ\\_metode](http://snl.no/kvalitativ_metode)
- Grønmo, S. (2023b). Kvantitativ metode. I *Store norske leksikon*.  
[http://snl.no/kvantitativ\\_metode](http://snl.no/kvantitativ_metode)
- Hamzeh, F., Ballard, G., & Tommelin, I. D. (2012). Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow. *Lean Construction Journal*, s. 15-34.
- Harstad, E., Lædre, O., Svalestuen, F., & Skhmot, N. (2015). *How tablets can improve communication in construction projects*. s. 391-401.
- Hewage, K. N., Rawanpura, J. Y., & Silva, L. P. (2012). Evolution of the i-Booth© onsite information management kiosk. *Automation in Construction*, 21, 52-63.
- Hewage, K. N., & Ruwanpura, J. Y. (2006). Carpentry workers issues and efficiencies related to construction productivity in commercial construction projects in Alberta. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(8), 1075-1089.  
<https://doi.org/10.1139/I06-050>
- Hvaale, I. (2022). *Google Scholar*.  
<https://www.nmbu.no/om/biblioteket/fagressurser/fulltekst/google-scholar>
- Johannessen, A., Tufte, P. A., & Christoffersen, L. (2021). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (6. utgave). abstrakt forlag.
- Jonsson, J. (1996). *Construction Site Productivity Measurements: Selection, Application and Evaluation of Methods and Measures*. 217.
- Kalsaas, B. T. (2017). *Lean Construction—Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon* (1. utgave). Fagbokforlaget.
- Karlsen, J., Sandnes, J., Sjøgren, J., Andersen, T. O., & Jørgensen, K. (2020). *Digitalt veikart 2.0—En anbefaling til ledere i byggenæringen*. Byggenæringens landsforening (BNL). [eba.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-publikasjoner/digitaltveikart\\_2020.pdf](http://eba.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-publikasjoner/digitaltveikart_2020.pdf)
- Klakegg, O. J. (2023). Prosjektmodell – bygg, anlegg og eiendom. I *Store norske leksikon*. [https://snl.no/prosjektmodell\\_-\\_bygg,\\_anlegg\\_og\\_eiendom](https://snl.no/prosjektmodell_-_bygg,_anlegg_og_eiendom)
- Knotten, V. (2018). *Building design management in the early stages*. Norwegian University of Science and Technology.
- Koskela, L., Stratton, R., & Koskenvesa, A. (2010). Last planner and critical chain in construction management: Comparative analysis. *Production Planning and Control*.
- Langlo, J., & Andersen, B. (2016). *Productivity and performance measurement in the construction sector*.
- Leviäkangas, P., Mok Paik, S., & Moon, S. (2017). Keeping up with the pace of digitization: The case of the Australian construction industry. *Technology in Society*, 50, 33-43. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.04.003>
- Liu, M., & Ballard, G. (2008). *Improving labor productivity through production control*. 657-666. Scopus.
- Löfgren, A., & Rebolj, D. (2007). Towards mobile lean communication for production management. *Proceedings of CIB-W78, Bringing ICT Knowledge to Work, Maribor, Slovenia*.
- Moore, R. (2011). *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools: What Tool? When?* Elsevier.
- Murvold, V., Vestermo, A., Svalestuen, F., & Lohne, J. (2016). Experiences from the use of BIM-stations. In: *Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA*.
- Mørk, M. I. (2017). *Bygningsinformasjonsmodell (BIM)*.  
<https://www.byggordboka.no/artikkel/les/bygningsinformasjonsmodell-bim>

- NTNU. (u.å.-a). *Behandle personopplysninger i student- og forskningsprosjekt—Kunnskapsbasen*. Hentet 31. januar 2023, fra <https://i.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Behandle+personopplysninger+i+student-+og+forskningsprosjekt>
- NTNU. (u.å.-b). *NVivo—Kunnskapsbasen—NTNU*. Hentet 16. mai 2023, fra <https://i.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/NVivo>
- Oesterreich, T. D., & 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, 121–139. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>
- Olsen, T. L. A. (2015). *Effektivisering av prosjekteringsprosessen—Med implementering av BIM, Lean Construction og VDC*.
- Olsson, N. (2011). *Praktisk Rapportskrivning*. Tapir akademisk forlag.
- Overland, J.-A. (2018). *TONE - strategi for kildekritikk—Samfunnskunnskap—NDLA*. ndla.no. <https://ndla.no/subject:1:470720f9-6b03-40cb-ab58-e3e130803578/topic:1:a317f589-7995-43aa-8b68-92182c0b23c6/topic:1:8d9885a4-a932-4a98-b8c4-2b89c914c3e8/resource:1:169741>
- Porwal, V., Dave, B., Fernandez-Solis, J., Koskela, L. J., & Mehta, H. S. (2012). State of production plan reliability—A case study from India. *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Regjeringen. (2014, desember 6). *Digitalisering i offentlig sektor* [Artikkel]. Regjeringen.no; regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/tema/statlig-forvaltning/ikt-politikk/digitaliseringen-i-offentlig-sektor/id2340245/>
- Rolstadås, A. (2023). Prosjektmodell. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/prosjektmodell>
- Samuelson, O. (2003). *IT-användning i byggande og forvaltning*. Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Sjøgren, J., Krogh, E., Christensen, L. C., & Olsen-Skåre, K. (2017). *Digitalt veikart—For en heldigitalisert, konkurransedyktig og bærekraftig BAE-næring*. Byggenæringens landsforening (BNL). <https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/digitalt-veikart-2017---full-rapport.pdf>
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.053>
- Standard Norge. (2020). *NS-EN ISO 19650-1:2018 Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) Informasjonsforvaltning med BIM*. Standard Norge. <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1131728>
- Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O., Dreveland, F., & Lohne, J. (2017). Using building information model (BIM) devices to improve information flow and collaboration on construction sites. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 22, s. 204-219.
- Tjora, A. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4. utgave). Gyldendal.
- Todsén, S. (2018). *Produktivtetsfall i bygg og anlegg*. ssb.no. <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivtetsfall-i-bygg-og-anlegg>
- Van Berlo, L. A. H. M., & Natrop, M. (2014). BIM on the construction site: Providing hidden information on task specific drawings. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 20, s. 97-106.

- Veiseth, M., Røstad, C. C., Andersen, B., Austeng, K., & Torp, O. (2004). *Produktivitet og logistikk i bygg- og anleggsbransjen: Problemområder og tiltak* (NSP-0017). Norsk senter for prosjektledelse. <https://www.prosjektnorge.no/wp-content/uploads/2017/12/NSP-0017-Produktivitet-og-logistikk-i-BA-bransjen.pdf>
- Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/2601248.2601268>



# Vedlegg

**Vedlegg A:** Informasjonsskriv

**Vedlegg B:** Intervjuguide

**Vedlegg C:** Observasjonsskjema



## Vedlegg A: Informasjonsskriv

# Vil du delta i forskningsprosjektet "Digitalisering i byggenæringens prosjektbaserte produksjon"?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt. Dette skrivet inneholder informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

### Tema

Digitale verktøy i prosjektbasert produksjon

### Formål

Formålet med denne masteroppgaven er å øke kunnskapen om hvordan bruk av digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten i byggenæringens prosjektbaserte produksjon.

### Forskningsspørsmål

For å oppfylle formålet er det definert følgende fire forskningsspørsmål:

1. *Hvordan har digitale verktøy endret produksjonen på byggeplass?*
2. *Hvilke utfordringer er knyttet til digitale verktøy?*
3. *Hvordan påvirker digitale verktøy produktivitet?*
4. *På hvilken måte kan digitale verktøy bidra til å forbedre produktivitet?*

### Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Institutt for Bygg- og miljøteknikk og fakultet for ingeniørvitenskap ved NTNU i Trondheim er ansvarlig for prosjektet.

### Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Innsamlingen av informasjon ønskes fra anleggsledere, driftsledere, arbeidsleder, baser og håndverkere som er ansvarlig eller deltakende i produksjonen på byggeplass og har kjennskap til eller bruker digitale verktøy. På bakgrunn av at du er en av disse, ønskes din erfaring og kompetanse i studien.

### Hva innebærer det for deg å delta?

Deltakelse innebærer innsamling av data fra:

- *Dokumenter* om deres prosjektbaserte produksjon. Disse brukes til å forstå deres produksjonsprosess
- *Observasjoner* i lagsmøter for å måle Prosent Planlagt Utført (PPU) og for å kartlegge eventuelle årsaker til avvik/fremdriftsproblemer.
- *Intervju* med en estimert varighet på rundt en time.

Det bemerkes at ikke alle metodene trenger å gjelde deg og at dette avtales nærmere.

### Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

## Ditt personvern – hvordan dine opplysninger oppbevares og brukes

Opplysningene om deg vil bare brukes til de formålene som er beskrevet i dette skrevet. Opplysningene blir behandlet konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Det er kun veileder og student som vil ha tilgang ved behandlingsansvarlig institusjon.
- For å sikre at ingen uvedkommende får tilgang til personopplysningene vil navnet og kontaktopplysningene erstattes med en kode som lagres på en egen navneliste adskilt fra øvrige data.
- Det er ønskelig å ta lydopptak av intervjuer som transkriberes. Transkripsjonene kan om ønskelig sendes for godkjenning.

Det samles ikke inn data utover utdanning, erfaring og kurs. Det skilles mellom prosjektleder, anleggsleder, arbeidsleder, driftsleder, bas og håndverker.

## Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes 12. juni 2023, datamaterialet med dine personopplysninger vil da slettes umiddelbart.

## Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

## Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til å:

- få innsyn i hvilke opplysninger som behandles om deg
- få utlevert en kopi av opplysningene
- få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende
- få slettet personopplysninger om deg

Vennlig hilsen

Vilde Fuglaas  
(Forsker/Student)

Olav Torp  
(Veileder NTNU)

---

## Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «*Digitalisering av byggenæringens prosjektbaserte produksjon*», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å bidra med relevante dokumenter og data
- å delta med/under observasjon
- å delta i intervju

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

---

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

## Vedlegg B: Intervjuguide

# Intervjuguide

## Bakgrunn

Forskeren studerer Bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim og skriver masteroppgave om temaet *digitale verktøy i prosjektbasert produksjon*. Hensikten med intervjuet er derfor innhenting av data i form av oppfatninger, følelser, meninger, holdninger og refleksjoner knyttet til temaet. Formålet med oppgaven er å øke kunnskapen om hvordan digitale verktøy kan bidra til å øke produktiviteten i byggenæringens prosjektbaserte produksjon. For å oppfylle dette formålet er det definert følgende fire forskningsspørsmål:

1. *Hvordan har digitale verktøy endret produksjonen på byggeplass?*
2. *Hvilke utfordringer er knyttet til digitale verktøy?*
3. *Hvordan påvirker digitale verktøy produktivitet?*
4. *På hvilken måte kan digitale verktøy bidra til å forbedre produktivitet?*

## Praktisk informasjon

- Intervjuet vil bli gjennomført som et semistrukturert intervju, hvor innhold, form og rekkefølge på spørsmålene er fastlagt på forhånd. Spørsmålene er veiledende for samtalen og intervjuobjektet står fritt til å ta opp andre tema som kan være aktuell.
- Det er et ønske om å ta opptak av intervjuet. Dette er opp til intervjuobjektet og avtales nærmere.
- Dersom intervjuet tas opp i lydformat vil det transkriberes etter intervjuet, deretter slettes opptaket. Det transkriberte dokumentet kan sendes til godkjenning hvis ønskelig.
- Intervjuets varighet antas å være i underkant av en time.

## Intervjuspørsmål

Spørsmålene er presentert i samme rekkefølge som de spørres med generelle og supplementære spørsmål. Det kan stilles detaljspørsmål utover dette, disse genereres på stedet. Spørsmålene strukturert med utgangspunkt i oppgavens forskningsspørsmål.

## Innledning

Intervjuet starter med at forskeren presenterer seg selv og prosjektet. Det informeres om hvordan intervjuet vil foregå og hvordan det vil dokumenteres. Videre spørres det om samtykke til lydopptak og det opplyses at intervjuet kan avbrytes etter ønske.

## Faktaspørsmål

1. Har du fagbrev?
2. Har du høyere utdanning (teknisk fagskole, bachelorgrad, mastergrad eller doktorgrad)?
3. Hvor lang erfaring har du fra prosjektbasert produksjon?
4. Hvilke digitale verktøy bruker du/dere?
5. Har du hatt opplæring/kurs innen digitale verktøy?

## Introduksjonsspørsmål og overgangsspørsmål

6. Hva tenker du generelt om bruk av digitale verktøy i prosjektbasert produksjon?

7. Hvilke generelle erfaringer har du med digitale verktøy i prosjektbasert produksjon?

### Hovedspørsmål

*Hvordan har digitale verktøy endret produksjonen på byggeplass?*

8. Hvordan har digitale verktøy endret måten dere planlegger på?

9. Hvordan har digitale verktøy endret måten dere produserer på?

*Hvilke utfordringer er knyttet til digitale verktøy?*

10. Hva tenker du er de største utfordringene knyttet til digitale verktøy i produksjon?

11. Hvorfor tenker du at disse er de største i produksjon?

*Hvordan påvirker digitale verktøy produktivitet?*

12. Hvordan tenker du at digitale verktøy påvirker produktiviteten i produksjon?

*På hvilken måte kan digitale verktøy bidra til å forbedre produktivitet?*

13. Hvordan tenker du digitale verktøy kan bidra til å forbedre produktivitet i produksjon?

### Avslutningsspørsmål

14. Er det noe du ønsker å legge til eller kommentere?

15. Har du fått frem det du synes er viktig og relevant for temaet?

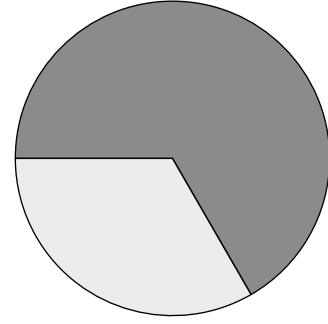
Intervjuets resultat oppsummeres og det gis mulighet til å tilføye, endre og kommentere. Respondenten takkes for intervjuet.

## Måleskjema PPU

Prosjekt	Ansvarlig	Aktivitet	Planlagt utført	Faktisk utført	Ferdig i tide	Årsaker til avvik fra planen							Kommentar				
						Forutgående aktiviteter	Informasjon	Materialer	Mannskap	Utstyr	Plass	Ytre forhold					

## Utregning av PPU

Antall planlagte aktiviteter	
Antall fullførte aktiviteter	
Antall forsinkede aktiviteter	
<b>PPU</b>	



■ Antall fullførte aktiviteter

□ Antall forsinkede aktiviteter

