

Tobias Rosland Hebnes

# Taktproduksjon i norsk byggebransje

Kartlegging av dagens praksis

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk, prosjektledelse

Veileder: Frode Drevland

Juni 2021



Tobias Rosland Hebnes

# **Taktproduksjon i norsk byggebransje**

Kartlegging av dagens praksis

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk, prosjektledelse  
Veileder: Frode Drevland  
Juni 2021

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



Kunnskap for en bedre verden





---

## Forord

---

Denne masteroppgaven er det avsluttende arbeidet i min mastergrad innen prosjektledelse ved institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Oppgaven er skrevet våren 2021, og bygger videre på en prosjektoppgave i emnet TBA4531 *Prosjektledelse, fordypningsprosjekt*.

Oppgaven handler om hvordan taktproduksjon praktiseres av norske entreprenører. Oppgaven ble valgt på grunn av en sommerjobb i Backe Rogaland sommeren 2020. Her opplevde jeg en form for fremdriftsplanlegging, som lignet på taktproduksjon, men ikke samsvaret med det jeg hadde lært på NTNU. Dette pirret nysgjerrigheten min, og jeg fant raskt ut at metoden er ulikt beskrevet i litteraturen. Det gjorde at jeg ønsket å finne ut av hvordan ulike bransjeaktører forholder seg til metoden.

Jeg ønsker å rette en stor takk til min veileder, Frode Drevland (førsteamanuensis ved institutt for bygg- og miljøteknikk, NTNU), for kyndig veiledning i arbeidet med både prosjekt- og masteroppgave. Frode har vært en god sparringspartner i faglige spørsmål og bidratt med konstruktive tilbakemeldinger på akademisk skriving. Videre vil jeg rette en stor takk til alle informantene i denne masteroppgaven. Jeg setter stor pris på åpenheten og viljen til å bidra i en masteroppgave i en ellers hektisk hverdag.

Til slutt vil jeg takke mine foreldre, Torill og Sigve, som har støttet meg gjennom alle årene ved NTNU. Dere har bidratt til å holde motet oppe i tunge tider, og sørget for at jeg til slutt kan levere denne masteroppgaven.

Trondheim, juni 2021

A handwritten signature in blue ink, reading "Tobias Rosland Hebnes". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

Tobias Rosland Hebnes

---

## Sammendrag

---

Flere nyere undersøkelser indikerer at det er et vesentlig forbedringspotensial på konstadsutvikling og kvalitet i byggebransjen. En løsning som blir foreslått, av flere forskningsmiljøer, er å hente inspirasjon fra fabrikkproduksjonsjonen. Taktproduksjon er en metode som forsøker å tilnærme industrien samlebåndsproduksjon til byggeprosjekter. Tidligere forskning viser at metoden kan bidra til å redusere variabiliteten, redusere gjennomføringstiden, øke kvaliteten og i noen tilfeller øke produktiviteten. Metoden brukes av flere av totalentreprenøene i Norge, og har de senere årene vært tema i ulike bransjeforum.

Det finnes ikke oversikt over hvordan taktproduksjon som metode praktiseres i norsk byggebransje i dag. Det finnes dokumentasjon fra et entreprenørfirma, men bransjen som helhet fremstår som et ubeskrevet blad. Formålet til denne masteroppgaven er derfor å kartlegge hvordan metoden brukes, og hvilke effekter metoden gir. For å gjøre dette forsøker oppgaven å besvare følgende problemstilling: *Hva er beste praksis for taktproduksjon i norsk byggebransje?*. Problemstillingen er brutt ned i tre forskningsspørsmål:

FS1. Hvor utbredt er taktproduksjon i Norge?

FS2. Hvordan praktiseres taktproduksjon?

FS3. Hvilke erfaringer og resultater har taktproduksjon i norsk byggebransje?

Forskningsspørsmålene og problemstillingen besvares ved hjelp av kvalitative intervjuer kombinert med en kvalitativ dokumentanalyse. Det er

gjennomført totalt ti intervjuer, åtte intervjuer med et representativt utvalg av større totalentreprenører i Norge, en byggherre og en rådgiver. Hovedvekten av resultatene stammer fra intervjuer, som er supplert med dokumentanalysen, der hvor det foreligger hensiktsmessige dokumenter. Funnene sammenliknes så med resultatene fra en kvalitativ scoping litteraturstudie.

Taktproduksjon brukes, i en eller annen form, av alle informantene i denne oppgaven. Det vanligste er å bruke metoden i innretningsfasen av prosjekter med stor repeterbarhet som bolig- og hotellprosjekter. Bruken av taktproduksjon er i liten grad forankret på organisasjonsnivå, men er vanligvis en avgjørelse som tas på prosjektnivå. Det er stor variasjon i begrepsapparatet for taktproduksjon, noe som fører til at de fleste informantene har ulike begreper for sentrale aspekter.

Praksisene varierer også i modenhetsnivå, praksisene er vurdert med utgangspunkt i en modenhetsmodell fra tidligere forskning. Det argumenteres for at tre praksiser er på det laveste nivået, fem praksiser på det midterste nivået og en praksis er på det høyeste nivået. I tillegg til varierende modenhetsnivå, varierer også selve implementeringen. Det vanligste er at man planlegger med takttid på en uke, såkalt ukestakt, og kontrollområder med naturlige skiller. Det er også observert en påfallende lav bevissthet knyttet til håndtering av variabilitet i produksjonsprosessen, noe som fører til at bufferbruken i stor grad er ubevisst.

Informantene gjennomfører i liten grad produksjonsmålinger, noe som gjør det vanskelig å peke på konkrete resultater av metoden. Det er likevel en felles forståelse av at hovedeffekten av taktproduksjon er en mer forutsigbar plan, med bedre muligheter for kvalitetsstyring underveis. De fleste informantene har også en felles opplevelse av at metoden gir kortere gjennomføringstid.

Masteroppgaven beskriver ulike praksiser for taktproduksjon og erfaringene med dem. Oppgaven kan være nyttig lesing for aktører som ønsker å forstå, eller ta metoden i bruk. Samtidig peker oppgaven på flere kunnskapsgap, som det vil være nyttig å gjøre videre studier av.

---

## Summary

---

Several recent studies indicate a significant potential for improvement of both cost and quality in Norwegian construction projects. Several research communities propose using manufacturing as a source of inspiration. Takt production is a method trying to transfer the assembly line from manufacturing to construction projects. Previous research shows that the method can contribute to reduced variability, reduced construction time, higher quality and, in some cases, increased productivity. Several design-build contractors are currently using takt production in Norway, and several industry forums have discussed the method.

There exists no overview of how takt production as a method is practised in the Norwegian construction industry. There exists some documentation from one specific company in Norway. However, the industry as a whole is yet undescribed. The purpose of this master thesis is to survey how the method is being used and what the effects of using the method are. The thesis poses the following research problem *what is the best practice for takt production in the Norwegian construction industry?* Three research questions support the research problem:

- RQ1. How widespread is the use of takt production in Norway?
- RQ2. How is takt production practised?
- RQ3. What experiences and results have takt production given in the Norwegian construction industry?

The research questions are answered through qualitative interviews coupled with a qualitative document study. A total of ten interviews were carried out. Eight of them with representatives from design-build contrac-

tors, one project owner organization, and one management consultant. The results stems mainly from the interviews. Document studies was used as a supplement to the interview data. The findings are compared to the results from a qualitative scoping litterateur review.

All the informant use some form of takt production. The most common use of the method is in interior works of apartment and hotel buildings. The use of takt production is seldom anchored at the organizational level. Instead, the decision to use takt production is usually made at the project level. The terms used to describe takt production varies a lot – most of the informants using different terms to describe the method.

The different practices investigated had various degrees of maturity. The thesis assesses the maturity level of the different practices using a theoretical maturity model from existing research. Furthermore, it argues that three of the practices are on the lowest maturity level, five are on the middle level, and one is on the highest maturity level. In addition to varying maturity, one can also see a variation in the implementation of the method. The most common use is to have a takt time of five days and takt areas defined by natural borders. It is also observed that there is strikingly low conciseness of the variability in the construction process – leading to unconscious use of buffers.

The informers use construction performance measures to a small extent, which makes it hard to single out concrete results for takt production. However, it is a common understanding that the main effect is more predictive plans that enable improved quality control. Most informers also believe that the method results in a shorter construction time.

The master thesis describes different practices of takt production and the experiences using it. The thesis can be helpful for parties wanting to understand or start using the method. Furthermore, several knowledge gaps relevant for further research have been identified.

---

# Innhold

---

<b>Forord</b>	<b>i</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>iii</b>
<b>Summary</b>	<b>v</b>
<b>Innhold</b>	<b>vi</b>
<b>Figurer</b>	<b>x</b>
<b>Tabeller</b>	<b>xii</b>
<b>1 Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.2 Formål og problemstilling . . . . .	4
1.3 Omfang og avgrensninger . . . . .	4
1.4 Oppgavens oppbygging . . . . .	5
<b>2 Metode</b>	<b>7</b>
2.1 Forskningsdesign . . . . .	7
2.2 Teoretisk grunnlag fra litteratur . . . . .	8
2.2.1 Litteratursøk . . . . .	10
2.2.2 Analyse av innhentet litteratur . . . . .	11
2.3 Datainnhenting . . . . .	12
2.3.1 Semi-strukturerte intervjuer . . . . .	12
2.3.2 Dokumentstudie . . . . .	14
2.4 Analyse . . . . .	15
2.4.1 Analyse av intervjudata . . . . .	16
2.4.2 Analyse av dokumenter . . . . .	17
2.5 Forskningens kvalitet . . . . .	17
2.5.1 Pålitelighet . . . . .	17

---

2.5.2	Gyldighet . . . . .	18
2.5.3	Generaliserbarhet . . . . .	19
2.6	Styrker og svakheter med studien . . . . .	20
<b>3</b>	<b>Teori</b>	<b>21</b>
3.1	Grunnleggende produksjonsteori . . . . .	22
3.1.1	Arbeidsstasjon . . . . .	22
3.1.2	Produksjonshastighet og kapasitet . . . . .	22
3.1.3	Partistørrelser, varer i arbeid og syklustid . . . . .	23
3.1.4	Push- og pullsystemer . . . . .	24
3.1.5	Verdiskapende aktiviteter og sløsing . . . . .	24
3.1.6	TFV-teorien . . . . .	25
3.1.7	7 forutsetninger for en sunn aktivitet . . . . .	28
3.1.8	Variabilitet og buffere . . . . .	29
3.1.9	Produktivitet . . . . .	30
3.2	Tilnærminger til fremdriftsplanlegging . . . . .	32
3.2.1	Aktivitetsbasert planlegging . . . . .	32
3.2.2	Lokasjonsbasert planlegging . . . . .	33
3.3	Relevante metoder og verktøy . . . . .	34
3.3.1	Last planner system . . . . .	34
3.3.2	Virtual design and construction . . . . .	36
3.4	Taktproduksjon . . . . .	39
3.4.1	Historisk utvikling av taktproduksjon . . . . .	39
3.4.2	Relasjon til andre lokasjonsbaserte metoder . . . . .	40
3.4.3	Taktproduksjon i praksis . . . . .	41
3.4.4	Ulike typer taktproduksjon . . . . .	46
3.4.5	Erfaringer med taktproduksjon . . . . .	51
3.4.6	Teoretisk rammeverk for taktproduksjon . . . . .	53
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>57</b>
4.1	Utbredelse av taktproduksjon i Norge . . . . .	57
4.1.1	Bruksområder . . . . .	58
4.1.2	Forankring i organisasjon . . . . .	61
4.1.3	Begrepsbruk . . . . .	65
4.1.4	Oppsummering . . . . .	67
4.2	Praksis for taktproduksjon . . . . .	68
4.2.1	Involvering . . . . .	68
4.2.2	Størrelse på kontrollområder og valg av takttid . . . . .	70
4.2.3	Fremdriftsoppfølging . . . . .	76
4.2.4	Overlevering av kontrollområder . . . . .	79
4.2.5	Variabilitet og buffere . . . . .	81



---

4.2.6	Modenhetsnivå . . . . .	84
4.2.7	Oppsummering . . . . .	85
4.3	Erfaring og resultater av taktproduksjon . . . . .	87
4.3.1	Gjennomføringstid . . . . .	87
4.3.2	Prøvetog . . . . .	90
4.3.3	Planpålitelighet og effekter på byggeledelsen . . . . .	91
4.3.4	Effekter på kvalitet . . . . .	93
4.3.5	Gjentakelseeffekt . . . . .	94
4.3.6	Effektivitetsparadokset . . . . .	95
4.3.7	Tilbakemelding fra utførende . . . . .	95
4.3.8	Oppsummering . . . . .	97
4.4	Perspektiv på fremtiden . . . . .	97
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b> . . . . .	<b>99</b>
5.1	Utbredelse av taktproduksjon i Norge . . . . .	99
5.1.1	Bruksområder . . . . .	99
5.1.2	Forankring i organisasjon . . . . .	102
5.1.3	Begrepsbruk . . . . .	104
5.1.4	Et matematisk perspektiv på begrepsbruk . . . . .	106
5.2	Praksis for taktproduksjon . . . . .	108
5.2.1	Involvering . . . . .	108
5.2.2	Kontrollområder og takktid . . . . .	111
5.2.3	Fremdriftsoppfølging . . . . .	114
5.2.4	Overlevering av kontrollområder . . . . .	115
5.2.5	Variabilitet og buffere . . . . .	116
5.2.6	Modenhetsnivå . . . . .	120
5.2.7	Teoretiske rammeverk for taktproduksjon . . . . .	123
5.3	Erfaring og resultater av taktproduksjon . . . . .	125
5.3.1	Gjennomføringstid . . . . .	126
5.3.2	Prøvetog . . . . .	129
5.3.3	Planpålitelighet og effekter på byggeledelsen . . . . .	130
5.3.4	Effekter på kvalitet . . . . .	132
5.3.5	Gjentakelseeffekt . . . . .	134
5.3.6	Effektivitetsparadokset . . . . .	135
5.3.7	Tilbakemeldinger fra utførende . . . . .	136
5.4	Perspektiver på fremtiden . . . . .	137
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b> . . . . .	<b>139</b>
6.1	Utbredelse av taktproduksjon . . . . .	139
6.2	Praksis for taktproduksjon . . . . .	140
6.3	Erfaringer og resultater med taktproduksjon . . . . .	141

6.4 Oppsummering av konklusjon . . . . .	142
6.5 Videre forskning . . . . .	143
<b>Bibliografi</b>	<b>144</b>
<b>Vedlegg</b>	<b>153</b>

---

## Figurer

---

<b>Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1 Forskjell mellom kostbar byggeprosess og beste praksis . . .	2
<b>Metode</b>	<b>7</b>
<b>Teori</b>	<b>21</b>
3.1 Input/output-modell for transformasjon . . . . .	25
3.2 Illustrasjon av flyt . . . . .	26
3.3 Operasjon- og prosessflyt . . . . .	27
3.4 Illustrasjon av verdiflyt . . . . .	28
3.5 Spredningsplot for PPU og produktivitet, med lineær regres- sjon . . . . .	31
3.6 Overordnet perspektiv på LPS . . . . .	35
3.7 Fem hovedelementer i VDC-rammeverket . . . . .	38
3.8 Eksempel på soneinndeling av bygg . . . . .	42
3.9 Illustrasjon av ”arbeidstoget” . . . . .	43
3.10 Velge takttid fra varigheten på arbeidsoperasjoner . . . . .	44
3.11 Eksempel på taktplan for en etasje . . . . .	45
3.12 Typer buffere i taktplanlegging . . . . .	50
3.13 Teoretisk rammeverk for taktproduksjon . . . . .	55
<b>Resultat</b>	<b>57</b>
4.1 Kontrollområder for grunnarbeid . . . . .	62
4.2 Taktplan for grunnarbeid . . . . .	63
4.3 Begrepsillustrasjon: Minste felles multiplum (MFM), takt- område og kontrollområde . . . . .	66
4.4 Eksempel på beregning av timeverk for en vogn i takttoget.	73

4.5	Lean Communications struktur for oppfølging . . . . .	78
4.6	Eksempel på ryddig byggeplass i prosjektet Livsvitenskap .	93
	<b>Diskusjon</b>	<b>99</b>
	<b>Konklusjon</b>	<b>139</b>

---

# Tabeller

---

<b>Introduksjon</b>	<b>1</b>
<b>Metode</b>	<b>7</b>
2.1 Eksempel på søkestrenger, med antall treff i ulike databaser	11
2.2 Oversikt over intervjuobjekter . . . . .	14
<b>Teori</b>	<b>21</b>
3.1 Prinsipper, funksjoner og verktøy i LPS . . . . .	37
3.2 Tre modenhetsnivå for taktproduksjon . . . . .	54
<b>Resultat</b>	<b>57</b>
4.1 Kjennskap til taktproduksjon i Norge . . . . .	58
4.2 Størrelse på kontrollområder og valg av takttid i innredningsarbeider. . . . .	72
4.3 Oppfølging av fremdrift. . . . .	77
4.4 Vurdering av praksis iht. forutsetninger for modenhetsnivå.	85
4.5 Taktproduksjons effekt på gjennomføringstid. . . . .	88
<b>Diskusjon</b>	<b>99</b>
<b>Konklusjon</b>	<b>139</b>



# Kapittel 1

---

## Introduksjon

---

### 1.1 Bakgrunn

Undersøkelser fra 2018 viser at bygg- og eiendomsnæringen i Norge har et betydelig forbedringspotensial på kostnadsutvikling og kvalitet. Det viser seg at kostnadsutviklingen i Norge i perioden 2008-2017 har vært vesentlig høyere enn i sammenliknbare land <sup>1</sup> (Bygg 21, 2018). Samtidig viser en rapport fra 2019 at norsk byggebransje har et vesentlig uutnyttet potensial hva gjelder industrialisering og standarisering i bransjen (Bygg 21, 2019).

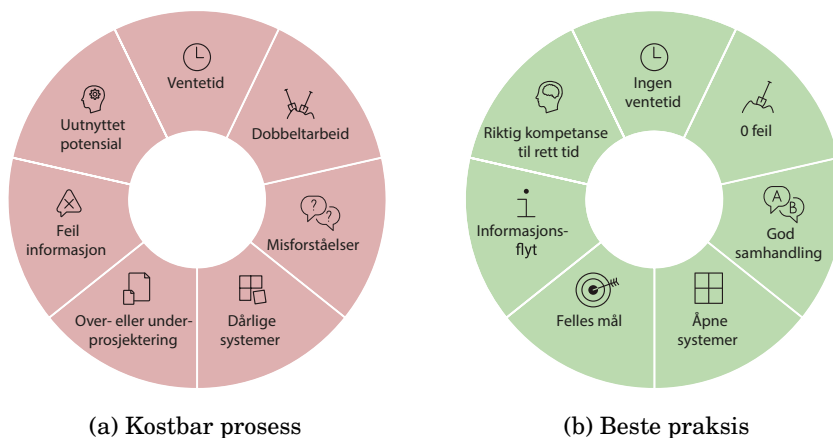
Et av hovedproblemene ser ut til å være at det er stor variabilitet i bransjen, byggeprosjekter varierer fra svært kostbare ineffektive prosesser til effektive ”beste praksis”-prosesser (Bygg 21, 2019). Variabiliteten kan illustreres ved å se på forskjeller mellom ulike prosjekter i byggebransjen, figur 1.1b viser symptomene på et effektivt prosjekt, mens figur 1.1a på et lite effektivt prosjekt.

Årsakene til den store variabiliteten i byggeprosjekter er ofte sammensatte. Salem mfl. (2006) oppsummerer den store variabiliteten i byggeprosjekter i tre hovedfaktorer: hvert prosjekt er unikt, produktet må monteres på stedet og kompleksiteten er ofte høy.

For å få bukt med disse utfordringene har flere foreslått å se til fabrikkproduksjonen for inspirasjon (Salem mfl., 2006). Utviklingen av samle-

---

<sup>1</sup>Sammenliknet med snittet av Euro19-land



Figur 1.1: Forskjell mellom kostbar byggeprosess og beste praksis (Bygg 21, 2019)

båndproduksjon i bilindustrien på 1900-tallet ansees ofte som et vendepunkt for produksjonsstyring i fabrikkproduksjon (Moore, 2011). De store bilprodusentene Toyota og Ford er begge eksempler på suksesser som langt på vei forklares ved svært gode produksjonssystemer (Krafcik, 1988; Liker og Meier, 2006).

For byggebransjen kan det argumenteres for et tilsvarende vendepunkt på 1990-tallet (Drevland, 2019). Med utgangspunkt i fabrikkproduksjon reintroduserte Koskela (1992) produksjonsstyring som forskningsfelt i byggebransjen. Etter hvert har overførte prinsipper fra fabrikkproduksjon vokst frem til en egen produksjonsstyringsmetode for byggebransjen, best kjent som Lean Construction (Ballard, 2000).

Parallelt med utvikling av Lean Construction ble lokasjonsbaserte planleggingsmetoder i byggebransjen igjen satt på forskningskartet (Ardila og Francis, 2020). Lokasjonsbaserte planleggingsmetoder antas å ha vært i bruk siden byggingen av Empire State Building på 1920-tallet. Metoden ble videreutviklet på 1940- og 50-tallet og var et yndet forskningsområde på 1960- og 70-tallet. (Kenley og Seppänen, 2010).

På 2010-tallet ble konseptet taktproduksjon<sup>2</sup> introdusert i akademia (Lehto-

<sup>2</sup>Det er en viss variasjon i begrepsbruk, i denne oppgaven brukes "taktproduksjon" for alle metoder som handler om å planlegge med en fast takttid.



vaara, Seppänen mfl., 2020)<sup>3</sup>. Taktproduksjon er en lokasjonsbasert planleggingsmetode, som fokuserer på kontinuerlig produksjonsflyt med en fast hastighet, kalt "takttid" (Vatne og Drevland, 2016). Planleggingsmetoden kombinerer sentrale elementer fra LEAN construction og suksessfaktorer fra bilindustrien ved å etterligne samlebåndsproduksjon i byggeprosjekter.

Taktproduksjon etablerer et samlebånd av arbeidere som beveger seg gjennom bygget med fast hastighet. På denne måten kan effekten av unike prosjekter og montering på stedet reduseres ved at produksjonen etterligner fabrikkproduksjon. I tillegg regner man med at en standardisert arbeidsmetode bidrar til at kompleksiteten blir håndtert på en bedre måte (Frandsen, Berghede mfl., 2013; Heinonen og Seppänen, 2016).

Casestudier av prosjekter med taktproduksjon viser tilsynelatende gode resultater, men både resultatene og planleggingsmetoden varierer mye (Frandsen, Berghede mfl., 2013; Heinonen og Seppänen, 2016; Vatne og Drevland, 2016). Det ser ut til at taktproduksjon forstås og brukes ulikt fra prosjekt til prosjekt og fra land til land (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020).

Taktproduksjon i norsk byggebransje er mindre dokumentert enn eksempelvis tysk og amerikansk byggebransje. Dokumentasjonen fra norske prosjekter kan vise til positive resultater i et knippe referanseprosjekter, men er tilsynelatende lite dokumentert i Norge. Et av de mest kjente prosjektene, Moholt 50/50 i Trondheim, beskriver taktproduksjon som essensielt for å bli ferdige i tide (Vatne, 2016).

Likevel er tilgjengelig forskning i norsk kontekst begrenset til noen masteroppgaver med utgangspunkt i det samme entreprenørfirmaet. Det synes derfor å være et kunnskapsgap hva gjelder utbredelsen av taktproduksjon i Norge, hvordan det praktiseres i ulike selskap og effekten av de ulike praksisene.

---

<sup>3</sup>I arbeidet med denne oppgaven har enkelte av informantene argumentert for at taktproduksjon som metode eksisterte tidligere på 2000-tallet. Det er ikke mulig å fastslå når metoden ble introdusert i bransjen for første gang. Denne oppgaven regner derfor første akademiske publikasjon som starten på metoden

## 1.2 Formål og problemstilling

Formålet med oppgaven er å bidra til å fylle kunnskapsgapet ved å kartlegge taktproduksjon i Norge. Kartleggingsarbeidet skal belyse hvor utbredt taktproduksjon er på norske byggeplasser, hvordan metoden praktiseres og innhente erfaringer med metoden.

Som beskrevet i [delkapittel 1.1](#) har byggebransjen i Norge et vesentlig industrialiseringspotensial. Det ser ut til at taktproduksjon kan være en bidragsyter til å realisere noe av potensialet. Oppgaven ønsker derfor å komme frem til en beste praksis for taktproduksjon i Norge, ved å gjennomføre en kartlegging av taktproduksjon i Norge. Beste praksis er definert som: "en praksis eller en metode som beviselig fører til overlegne resultater" (Røvik, 2009). Følgende problemstilling ligger til grunn for denne masteroppgaven:

### **Hva er beste praksis for taktproduksjon i norsk byggebransje?**

For å svare ut problemstillingen er det nødvendig med noen mer håndgripelige forskningsspørsmål. Det brukes derfor 3 forskningsspørsmål som til sammen skal svare på problemstillingen:

- FS1. Hvor utbredt er taktproduksjon i Norge?
- FS2. Hvordan praktiseres taktproduksjon?
- FS3. Hvilke erfaringer og resultater har taktproduksjon i norsk byggebransje?

## 1.3 Omfang og avgrensninger

Det er av praktiske årsaker nødvendig å avgrense oppgaven noe. Masteroppgaven er utført over et halvt år, og det er derfor ikke mulig å kartlegge hele den norske byggebransjen. Oppgavens omfang er begrenset til å se på byggeprosjekter utført av større entreprenører. Dette valget skyldes at fremdriftsplanlegging vanligvis er entreprenørens ansvar kombinert med

et generelt inntrykk av at de større entreprenørene ofte leder an i utviklingen og testing av nye metoder.

Det vil si at anleggsprosjekter er utenfor oppgavens omfang. Samtidig er også en rekke mindre entrepernrer og byggeprosjekter utenfor oppgavens avgrensinger.

Kartleggingen konsentrerer seg om et utvalg av de 20 største entreprenørene i Norge<sup>4</sup>. Konsekvensen av dette valget er at kartleggingen begrenses til de utvalgte entreprenørenes prosjektportefølje. Med store entreprenører følger ofte også store prosjekter. Oppgaven tar derfor ikke stilling til mindre bygge- og rehabiliteringsprosjekter. Dette perspektivet kan være interessant for fremtidig forskning, da man ser fra feks Tyskland at taktproduksjon som metode kan være effektiv i ombyggingen av kjøpesenterlokaler (Binninger, Dlouhy, Müller mfl., 2018).

I tillegg entreprenørene sees det i noen grad på byggeherreorganisasjoner og rådgivende konsulentsselskaper. Dette skyldes at enkelte informanter fra entreprenørbransjen trakk frem perpspektivene fra disse organisasjonene som sentrale for deres forståelse av taktproduksjon. Det er naturlig å anta at det finnes flere interessante perpspektiver hos både byggeherreorganisasjoner og rådgivende konsulentsselskaper enn det som er kartlagt her.

## 1.4 Oppgavens oppbygging

Oppgaven følger en klassisk oppbygning for masteroppgaver (Olsson, 2015):

**Kapittel 1** introduserer oppgavens bakgrunn, relevans og formål. Samtidig angis problemstilling, forskningsspørsmål og avgrensninger i oppgaven, før denne leserveiledningen presenteres til slutt.

**Kapittel 2** beskriver tilnærmingen til metode, hvilke metoder som er brukt og diskuterer kvaliteten til metoden.

**Kapittel 3** etablerer et teoretisk rammeverk for produksjonsteori generelt og taktproduksjon generelt. Dette kapittelet presenter produksjonsteoretiske konsepter som er nødvendige for å forstå taktproduksjon. Videre presenteres de ulike teoretiske grunnlagene for taktproduksjon. Det

---

<sup>4</sup>Målt etter omsetningstall fra 2018.

presenteres også dokumenterte erfaringer med metoden.

**Kapittel 4** presenterer resultatene av studien. Resultatkapittelet er bygget opp etter forskningsspørsmålene. Kapittelet starter derfor med en beskrivelse av utbredelsen av taktproduksjon, fortsetter med ulike praksiser for taktproduksjon og avslutter med erfaringer med taktproduksjon.

**Kapittel 5** diskuterer resultatene fra studien og setter disse i sammenheng med det teoretiske grunnlaget som ble etablert i teorikapittelet.

**Kapittel 6** oppsummerer resultatene fra studien til en konklusjon som besvarer forskningsspørsmålene og den overordnede problemstillingen. Videre anbefales områder for videre forskning på taktproduksjon.

# Kapittel 2

---

## Metode

---

I dette kapitlet beskrives metodene som er brukt for å besvare problemstillingen *hva er beste praksis for taktproduksjon i Norge?*

Kapitlet starter med en overordnet beskrivelse av forskningsopplegget, og en gjennomgang av hvilke metodikker som er brukt for å svare ut de ulike forskningsspørsmålene. Deretter beskrives metoden for innhenting av litteratur. Videre beskrives de ulike metodikkene som er benyttet, før det gjennomføres en diskusjon av kvaliteten på forskningen. Til slutt diskuteres og evalueres valget av metode.

### 2.1 Forskningsdesign

Tjora (2021) beskriver hvordan kvalitative og kvantitative forskningsmetoder har eksistert som to ulike paradigmer i forskningsmiljøer. Likevel finnes det gode argumenter for at en kombinasjon av de metodiske tilnærmingene i mange tilfeller vil være best egnet.

Overordnet kan man si at kvalitative metoder er best egnet når forskningen er av induktiv art (utforskende og drevet av empiri), mens kvantitative metoder er best egnet for deduktiv forskning (teori og hypotesedrevet forskning) (Tjora, 2021). Problemstillingen i denne oppgaven bærer preg av induktivitet, samtidig kan det argumenteres for at forskningsspørsmål (FS) 1 er å regne som en deduktiv hypotese.

FS1 er i utgangspunktet et forskningsspørsmål som det vil være gunstig

å besvare med *harde data* for å beskrive utbredelsen av taktproduksjon i Norge. Ulike former for spørreundersøkelser ble vurdert, men på grunn av stor variasjon i begrepsbruk, og vanskeligheter med å distribuere en slik undersøkelse uten *selection bias* ble det valgt å besvare spørsmålet gjennom kvalitative intervjuer.

For å finne svar på hvordan taktproduksjon praktiseres (FS2) og og hvilke erfaringer bransjen har med taktproduksjon (FS3) er det nødvendig å innhente beskrivelser og erfaringer fra bransjen. Her finnes det ikke noen hypotese som lar seg teste og spørsmålene fremstår som klart induktive i sin natur. Det velges derfor en kvalitativ tilnærming til disse forskningsspørsmålene.

Av praktiske årsaker vurderes intervju som den mest gjennomførbare metoden innenfor rammene til en masteroppgave. Bruken av intervju beskrives som egnet når målet er å ”Studere meninger, holdninger og erfaringer. Vi er med andre ord ute etter selve livsverdenen til informanten” (Tjora, 2021, s. 128). Beskrivelsen av intervjuets bruksområde ser ut til å passe godt med FS2 og FS3 og være brukbart for å besvare FS1. Det velges derfor intervju som metode for datainnhenting for å besvare alle forskningsspørsmålene.

Underveis i arbeidet med datainnhenting viste det seg at flere av intervjuobjektene hadde tilgang til dokumenter som var aktuelle for å supplere informasjonen gitt i intervjuet. Intervjuene har derfor til en viss grad blitt kombinert med *dokumentstudier*. I tillegg til å gi tillegsinformasjon er dokumentstudier nyttige for å supplere intervjuobjektens egne minner og erfaringer, som naturligvis preges av intervjuobjektens subjektive erfaringer (Tjora, 2021).

## 2.2 Teoretisk grunnlag fra litteratur

Teorikapittelet ([kapittel 3](#)) kan overordnet deles i to deler:

1. Generell produksjonsteori og definisjoner
2. Litteraturstudium av taktproduksjon

Litteraturen som er benyttet for å beskrive (1) er godt kjente publikasjoner som ofte brukes for å beskrive ulike sider av produksjonsteorien. Det

regnes derfor som nødvendig å beskrive hvordan denne litteraturen er innhentet og analysert. På den andre siden er litteraturen i (2) et resultat av et litteraturstudium av tema taktproduksjon. Denne litteraturen er ikke like godt kjent, og det er ikke åpenbart hvilken litteratur som skal legges til grunn. I det videre beskrives derfor metoden i dette litteraturstudiet.

Denne delen av teorikapittelet er en bearbeidet versjon av et fordypningsprosjekt utført høsten 2020 ved NTNU. Fordypningsprosjektet var et rent litteraturstudium med problemstillingen: "hva er beste praksis for taktproduksjon?". I dette arbeidet ble det gjennomført et scoping litteratur review (Grant og Booth, 2009) for å identifisere relevant forskningss litteratur.

Det er tilsynelatende ikke publisert vesentlig litteratur etter dette arbeidet som tilsier at litteraturstudiet bør utføres på nytt. Litteraturen som ble identifisert i fordypningsprosjektet er derfor videreført i denne oppgaven. Store deler av teksten er hentet fra dette arbeidet, mens struktur og deler av innhold naturligvis er tilpasset denne oppgavens form og innhold. I det videre følger et sammendrag av metoden som ble benyttet i litteraturstudiet høsten 2020.

Studien ble gjennomført i fire steg:

1. Søk etter litteratur med nødvendige avgrensninger for å oppnå håndterlig mengde treff
2. Innledende vurdering av funnet litteratur basert på tittel og nøkkelord, utvalg av aktuell litteratur
3. Aktuell litteratur fra steg 2 vurderes basert på abstrakt. TONE-prinsippet legges til grunn for å vurdere litteraturen (Overland, 2020). Her vurderes hver av de fire elementene etter 3 faktorer:
  - (a) *Troverdighet*: 1) forfatter, 2) institusjon og 3) publiseringssted
  - (b) *Objektivitet*: 1) Forfatterens hensikt, 2) Evt interessekonflikter og 3) Fellestrekk med annen litteratur
  - (c) *Nøyaktighet*: 1) referansebruk, 2) språk og 3) publiseringstidspunkt
  - (d) *Egnethet*: 1) Målgruppe, 2) Relevans for tema og 3) Oversiktlighet
4. Analyse av innhentet litteratur.

### 2.2.1 Litteratursøk

Litteraturen er innhentet ved å søke i relevante konferansepaper med *snowballing*, utvalgte databaser og i relevante journaler. *International Group for Lean Construction* (Heretter forkortet til «IGLC», se [iglc.net](http://iglc.net)) ble i samråd med veileder identifisert som en sentral konferanse for taktproduksjon. Litteraturstudiet startet derfor med søk direkte i konferansens database etter relevante paper. IGLCs database er relativt sett ganske liten, og det ble derfor vurdert som overkommelig å manuelt vurdere treffene ved en enkel søkestreng. Det ble derfor søkt etter søkestrengen «Takt AND planning» i tittel, abstrakt og nøkkelord.

De mest relevante treffene (for eksempel Frandson, Berghede mfl. (2013), se full liste i [vedlegg A.4](#)) ble brukt videre til *snowballing*. *Snowballing* baseres på at man velger ut spesielt relevant startlitteratur, for så å se på referanser (*backward snowballing*) eller andre som siterer valgt litteratur (*forward snowballing*) (Wohlin, 2014). Et flytdiagram for arbeidsflyten er vist i [vedlegg A.2](#).

Litteratursøket fortsatte med søk i to ulike databaser. Databasesøk ble utført for å få et bredt overblikk over aktuell litteratur om tema. Av praktiske årsaker ble det valgt ut to databaser. Det ble ansett som hensiktsmessig å bruke en kurert database av fagartikler og en åpen webbasert database for å ha et bredt nedslagsfelt. Av åpne webbaserte løsninger fremstår *Google Scholar* som det åpenbare valget. Videre ble den anerkjente kurerte databasen *Scopus* valgt, fordi *Scopus* utgjør den største kurerte databasen i verden (Falagas mfl., 2008).

For å få en håndterlig mengde treff ble det i *Scopus* søkt i tittel, abstrakt og nøkkelord mens det i *Google Scholar* kun ble søkt i tittel. Som hovedregel ble søkestrengene bearbeidet frem til antallet søkeresultater var i størrelsesorden 10-20 treff, før manuell sortering startet. Det ble brukt en rekke ulike søkefraser på engelsk og norsk, eksempel på søkestrenger og hvordan disse ble snevret inn for å oppnå et håndterlig antall treff er vist i [tabell 2.1](#). Det påpekes at det ble nødvendig å filtrere bort treff fra IGLC-konferansen da disse allerede var dekket gjennom et spesifikt søk.

Til slutt ble det gjennomført søk i de 10 journalene innenfor bygg og anleggsvirksomhet som i sum (av alle svarere) fikk høyest score undersøkelsen til Wing (1997) <sup>1</sup>. Bakgrunnen for å gjennomføre direkte søk i journaler var at det ble oppdaget at ikke alle journaler var inkludert i de ulike databasene. Etersom journaler tradisjonelt er et viktig medium for publi-



Tabell 2.1: Eksempel på søkestrenger, med antall treff i ulike databaser

Søkestreng	Antall treff	
	Scopus	Google Scholar
<b>Takt AND Time</b>	399	117
...AND Construction	63	12
...AND planning AND Construction	50	10
...AND Construction AND NOT IGLC	10	0
<b>”Takt time planning”</b>	30	20
...AND Construction	30	10
...AND Construction AND NOT IGLC	7	0
<b>”taktplanlegging”</b>	0	9

kasjon av forskning var det viktig å gjennomføre søk for å finne litteratur som kunne være oversett i databasesøket.

Journalsøket ble utført med søkestrengen «Takt [AND] time [AND] planning [AND] construction» i tittel og nøkkelord. Dette gav en håndterlig mengde treff og det var derfor ikke nødvendig å snevre søkene ytterligere inn. En oversikt over journalene det er søkt i og antall treff på søkestrengen er vist i [vedlegg A.3](#).

## 2.2.2 Analyse av innhentet litteratur

Litteraturen er analysert ved bruk av en såkalt *Thematic coding approach* (oversatt til tematisk koding). Det er brukt en variant av *Grounded theory approach* hvor kodene utarbeides etter hvert som litteraturen analyseres (Robson, 2011, s. 467). I korte trekk er analysen utført slik:

- Nøkkelliteratur identifiseres. Nøkkelliteratur er her forstått som litteraturen som oftes siteres for å forklare fenomenet taktproduksjon. Det er i alt identifisert 5 paper som ofte brukes som referansepunkt for forståelsen av taktproduksjon. En oversikt over nøkkelliteratur er vist i [vedlegg A.4](#).

<sup>1</sup>Rangeringen Wing (1997) er publisert i 1997 og det er derfor knyttet en viss usikkerhet til hvorvidt bildet har endret seg i løpet av årene frem til 2021. De fleste journaler ser ut til å være tradisjonsrike med lang historikk og det antas derfor at rangeringen fremdeles er representativ.

- Basert på nøkkelliteraturen utarbeides ett sett koder som for overordnet tema i paper. Her grupperes hele paperet etter hovedtema. Eksempelvis er litteraturen kodet etter: beskrivelser av historisk utvikling, bufferbruk, verktøybeskrivelser og praktiske studier. Praktiske studier forstås som casestudier eller eksperimenter med metoden.
- Litteraturen kodes også etter relevante tema, eksempelvis ved å kode etter ”praksis for gjennomføring”, ”produktivitetsstudier”, ”sammelingningsstudier” og lignende. Denne kodingen gjennomføres ved et programvareassistert nøkkelordsøk. Relevante avsnitt grupperes deretter sammen.
- Kodingen detaljeres ytterligere der hvor det er nødvendig. Eksempelvis gav koden ”praksis for gjennomføring” mye data, som beskrev ulike momenter. Data i denne kategorien ble derfor ytterligere detaljert ved å lage ett nytt sett koder, for eksempel ”taktid”, ”involvement”, ”områdeinndeling” ol.

De ulike kodene brukes videre til å produsere en sammenstilling av tilgjengelig teoretisk kunnskap om et tema i teoridelen av denne oppgaven([kapittel 3](#)).

## 2.3 Datainnhenting

I dette kapitlet beskrives det hvordan empirien i denne oppgaven er innhentet. Kapitlet beskriver først hvordan intervjuer er gjennomført, og deretter hvordan data til dokumentstudie er samlet inn.

### 2.3.1 Semi-strukturerte intervjuer

Mesteparten av dataen i denne oppgaven stammer fra intervjuer. Intervjuene gjennomføres som *semi-strukturerte intervjuer* (Galletta og Cross, 2013), også kjent som *dybdeintervjuer* (Tjora, 2021)<sup>2</sup>. Semi-strukturerte intervjuer kjennetegnes av at det foregår en dialog mellom intervjuer og intervjuobjekt for å oppnå en gjensidig forståelse av tema (Galletta

---

<sup>2</sup>Begrepet semi-strukturerte intervjuer brukes i denne rapporten.

og Cross, 2013). Det stille gjerne åpne spørsmål som gir informanten anledning til å gi utfyllende svar (Tjora, 2021). Samtidig ligger det i denne intervjuteknikkens natur at man legger til rette for digresjoner som oppleves som viktige for informanten, og følgelig kan være relevante for undersøkelsen.

For denne oppgaven regnes semi-strukturert intervju som best egnet på grunn av relativt stor variasjon i forståelse og begrepsbruk i bransjen. Det vurderes derfor som hensiktsmessig at det finnes en viss grad av fleksibilitet for å avklare begreper underveis (Galletta og Cross, 2013). Samtidig kan spørsmålsformulering tilpasses til intervjuobjektets begrepsforståelse.

Det er utarbeidet en intervjuguide som et veiledende rammedokument for intervjuet, denne er vedlagt, se [vedlegg A.1](#). Intervjuguiden starter med noen bakgrunnsspørsmål for å "varme opp" intervjuobjektet (Tjora, 2021, s. 161), før det stilles noen åpne brede refleksjonsspørsmål (Galletta og Cross, 2013; Tjora, 2021). I tillegg har intervjuguiden en rekke detaljerte oppfølgingsspørsmål som kan brukes avhengig av hvordan intervjuet utvikler seg.

Det har blitt utført ti intervju med ulike bransjeaktører. I hovedsak har det blitt intervjuet personer med kjennskap til fremdriftsplanlegging hos totalentreprenører. Av totalentreprenører har et utvalg av de 20 største (målt etter omsetning i 2018) (Bygg.no, 2021) norske totalentreprenørene blitt intervjuet. Det er også intervjuet en representant for konsultantselskapet Lean Communications og den statlige byggherreorganisasjonen Statsbygg. Dette skyldes at Lean Communications ofte rådgir og hjelper entreprenører med taktproduksjon, mens Statsbygg har erfaring med taktproduksjon fra prosjekter hvor byggherren har spilt en aktiv rolle i fremdriftsplanleggingen (for eksempel i prosjekter med delte entrepriser).

En oversikt over intervjuobjektene er vist i [tabell 2.2](#). Det blir regnet som relevant å beskrive informantens erfaring, utdanning og rolle. Dessverre kom ikke denne informasjonen like klart frem i alle intervjuene, og informasjonen i tabellen er derfor en kombinasjon av opplysning gitt i intervjusituasjonen og offentlige opplysninger på det sosiale forretningsnettverket [linkedin.com](https://www.linkedin.com).

Intervjuet med Veidekke var spesielt da undertegnede deltok på et foredrag med intervjuobjektet i forkant av intervjusituasjonen. Selve "intervjuet" ble derfor begrenset til en telefonsamtale hvor enkelte momenter

ble utdypet. Kombinasjonen av telefonsamtalen og foredraget utgjør derfor grunnlaget for dette intervjuet.

Tabell 2.2: Oversikt over intervjuobjekter

Selskap	Erfaring	Utdanning	Rolle
Veidekke	15år	Bachelor	Leder standardisering og anleggsleder
Hent	10år	Bachelor	Prosjektleder
Backe	10år	Siv.ing	Leder prosessutvikling
Betonmast	15år	Teknisk fagskole <sup>a</sup>	VDC-ansvarlig
AF Nybygg	8år	Siv.ing	Anleggsleder
Consto	6+3år <sup>b</sup>	Fagbrev + ingeniør	Prosjektingeniør
Statsbygg	13år <sup>c</sup>	Siv.ing	Ass.Prosjektdirektør
Betonmast	30 år	Mesterbrev	Produksjonssjef
AF bygg	14år	Siv.ing	Prosjektleder
Lean Communications	15år	Siv.ing	Daglig leder

<sup>a</sup>Sertifisering i VDC fra Stanford University og gult belte i LEAN Construction

<sup>b</sup>6års erfaring som tømmer, 3 års erfaring som prosjektingeniør

<sup>c</sup>13 års erfaring i Statsbygg, tidligere erfaring ukjent

### 2.3.2 Dokumentstudie

Til en viss grad har dokumentstudie blitt brukt som sekundærdata (Tjora, 2021). Tilsendt dokumentasjon fra informantene har blitt analysert og benyttet for å oppnå en bedre forståelse av data fra intervjuene. Bruken av dokumentstudier er særlig relevant for deler av intervjuet, for eksempel er det nyttig å analysere en fremdriftsplan for å forstå informantens beskrivelse av den samme fremdriftsplanen.

Bruken av dokumenter som sekundærdata gir også fordelen av å fungere som det Tjora (2021) omtaler som *tidsbilder*. Ved å se på dokumenter sammen i en intervjusituasjon friskes hukommelsen til informanten opp, og det er mulig å få en større innsikt enn ved intervju alene. Dette var særlig aktuelt i de situasjonene hvor man diskuterte prosjekter som lå noen år tilbake i tid.

Hovedvekten av dokumentasjon som er studert i denne masteroppgaven er ikke åpent tilgjengelig og har blitt samlet inn parallelt med intervjuene.

Ofte er dokumentene blitt oversendt underveis eller like etter intervjuet. Fordelen med dette er at man har fått tilgang til oppdaterte og relevante dokumenter, som ikke normalt offentliggjøres. Ulempen er at dokumentene ikke kunne samles inn før intervjuene, og dermed ikke kunne fungere som en støtte for utformingen av intervjuguiden. En annen ulempe er hensynet til etterprøvbarhet. De fleste informantene ønsker ikke at dokumentene i sin helhet publiseres, og de er derfor ikke lagt ved oppgaven. Det er likevel presentert utklipp og beskrivelser, der hvor det er relevant og akseptert av informantene.

Det finnes enkelte eksempler på åpen tilgjengelig dokumentasjon, for eksempel et initiativ fra Statsbygg: *Kunst- og designhøyskolen i Bergen - Lean metodikk i praksis* (Holm mfl., 2018). Det er likevel mer enn unntaket enn regelen at slik dokumentasjon offentliggjøres. Informanten fra Statsbygg forklarer offentliggjøringen ved at Statsbygg er en offentlig byggherreorganisasjon som ønsker å bidra til videreutvikling i bransjen, samt at erfaringsdeling er et sentralt prinsipp i Lean-construction miljøet. Samtidig er det forståelig at konkurransutsatte private selskaper ikke ønsker å dele detaljerte planer og beskrivelser med offentligheten.

## 2.4 Analyse

I dette kapitlet beskrives det hvordan den innhentet dataen er analysert. Det skilles mellom data fra intervjusituasjon og data fra dokumentstudier.

Data fra intervjuene er analysert ved en tematisk-koding-tilnærming. Det er brukt en kombinasjon av forhåndsbestemte koder og koder som er utarbeidet underveis i arbeidet (Robson, 2011, s. 467). Valget av analysemetode skyldes primært oppgavens formål, hvor man er på jakt etter *meningsinnholdet* i intervjuene. Det blir derfor regnet som fornuftig med en analysemetode som sammenstiller ulike perspektiver. En kvasi-statistisk tilnærming (se (Robson, 2011, s. 467)) regnes som uegnet, da det både er stor variasjon i begrepsbruk, og vanskelig å gi et kvantitativt svar på problemstillingen.

Samtidig har tidligere nevnte dokumentstudier blitt kombinert med analysen av intervjudata, noe som resulterer i en form for *triangulering*. I det videre detaljeres analysemetode, først for intervjuer, deretter for dokumenter.

### 2.4.1 Analyse av intervjudata

For å analysere intervjudataene ble det på forhånd utarbeidet tre tema, basert på forskningsspørsmålene. Intervjuene ble først transkribert. Deretter ble de grovsortert etter tema. Deretter ble kodene som ble etablert i analyse av litteraturen brukt som et utgangspunkt (se [delkapittel 2.2.2](#)), for eksempel: "takttid", "involvering" "områdeinndeling" osv.

Gjennom intervjuene ble det tydelig at begrepsbruk varierte mye, og at ordet "taktproduksjon" ble tillagt ulike betydninger. Som en konsekvens av dette ble det naturlig å endre, og legge til, flere koder underveis. Utviklingen av koder underveis gjør at metoden faller innunder det Robson (2011, s. 467) omtaler som *Grounded theory approach*. Det medfører at koder utvikles etter hvert som dataene bearbeides.

Hvordan den tematiske kodingen er utført illustreres ved å detaljere kodingen relatert til FS1, tilsvarende koding er gjennomført for FS2 og FS3. Man kan merke seg at kodingen i stor grad har munnet ut i underoverskrifter i resultatkapittelet.

- **Tema:** Utbredelse av taktproduksjon.
  - Bruksområder for taktproduksjon
    - \* Innredningsarbeider
    - \* Andre arbeider
    - \* Prosjektering
  - Forankring i organisasjon
    - \* Forankret i organisasjonen, gjennom veileder, strategidokument ol.
    - \* Ikke direkte forankret i organisasjonen, men lener seg på lignende veiledere.
    - \* Helt uten forankring
  - Definisjoner av begreper om taktproduksjon
    - \* Takt
    - \* Kontrollområde
    - \* Buffere
    - \* Taktplanlegging
    - \* Annet

- **Tema:** Praksis for taktproduksjon
  - ...
- **Tema:** Erfaringer med taktproduksjon
  - ...

### 2.4.2 Analyse av dokumenter

Dokumentene analyseres ved å først gjøre en grovsortering på type dokument, det skilles mellom tekstlige dokumenter, som for eksempel erfaringssamlingen Holm mfl. (2018) og andre dokumenter som for eksempel en fremdriftsplan. Dokumenter som ikke er av tekstlig art analyseres i sammenheng med informantenes beskrivelse av dokumentet.

Tekstlige dokumenter kodes med samme koder som intervjudataene. Samtidig er det ikke uvanlig at informantene har henvist til spesifikke sider eller kapitler i intervjuene. I slike tilfeller ekstraheres den relevante passasjen og settes i sammenheng med dataen fra intervjuet.

## 2.5 Forskningens kvalitet

I dette kapitlet vurderes kvaliteten på forskningen som er utført. Det er vanlig å operere med tre kriterier: *pålitelighet (reliabilitet)*, *gyldighet (validitet)* og *generaliserbarhet* for å vurdere kvaliteten på all type forskning (Tjora, 2021, s. 259). I dette kapitlet vurderes de tre kriteriene hver for seg, før det gjennomføres en overordnet vurdering.

### 2.5.1 Pålitelighet

Pålitelighet kan enklest beskrives som sammenhengen i forskningsprosjektet, altså om det finnes en intern logikk (Tjora, 2021, s. 259). Det å gjøre relevante koblinger mellom empiri, analyse og teori bidrar til å styrke påliteligheten.

I denne oppgaven etableres det et teoretisk grunnlag og et litteraturstudium som oppsummerer eksisterende forskning. Det er også identifi-

sert teoretiske rammeverk som brukes til å knytte analyseresultater og teori sammen. Dette kombinert med valget om å bruke selskapsnavn som merkelapper for empirien gjør det naturlig å argumentere for at oppgaven har høy pålitelighet. Det etterstrebes å presentere resultatene på en transparent måte, og det påpekes løpende gjennom teksten hva som er analyse, direkte empiri (gjennom koblingen til selskap) og koblingen til teorien. Det er blitt lagt vekt på å beskrive metoden for både litteraturstudium, intervjudata og dokumentstudie grundig, for å bidra til økt pålitelighet.

En ulempe med å bruke selskapsnavn som merkelapp på empirien er at man kan risikere å gi det feilaktige inntrykket at empirien er representativ for hele forslaget. Det er den nødvendigvis ikke. På grunn av dette vært en avveining om selskapsnavnet i det hele tatt skulle brukes som merkelapp. Konklusjonen ble at fordelene oppveier ulempene fordi bruken av merkelapper gir leseren et forhold til hvor empirien kommer fram, samtidig som en leser som kjenner bransjen lettere kan forstå konteksten av empirien. Det vil for eksempel være relevant for leseren å vite om empirien stammer fra en informant i Statsbygg eller en totalentreprenør. Samtidig er det lagt vekt på å understreke at empirien ikke nødvendigvis er gyldig for hele selskapet.

## 2.5.2 Gyldighet

Gyldigheten til studien handler om sammenhengen mellom prosjektets utforming og forskningsspørsmålene man søker svar på, altså om undersøkelsen er gyldig til å si noe om det den forsøker å undersøke (Tjora, 2021, s. 259).

En utfordring med å skulle studere praksis for taktproduksjon gjennom intervjuer er at man ikke får objektive data om den aktuelle praksisene. Ved å bruke intervjuer får man i større grad data som angir hva informantene *tenker om* egen praksis, og hvordan de *erfarer* denne (Tjora, 2021) .

For FS1 er det allerede beskrevet en utfordring med begrenset utvalg, og det er fortsatt slik at man i en ideel verden kunne fått bedre svar på spørsmålet med en form for spørreundersøkelse. Når det gjelder gyldighet er det vanskelig å se for seg at gyldigheten ville blitt større med for eksempel observasjonsstudier. Det er urealistisk å tenke seg at informantene presenterer et bilde av utbredelsen av taktproduksjon i bedriften som er



uriktig. Forskningsspørsmålet konsentrerer seg i stor grad om objektive spørsmål, som det er liten grunn til å forvente subjektive svar på. Det er for eksempel ikke naturlig at en informant vil oppgi å bruke takt i innredningsarbeidet uten å faktisk gjøre det. Samtidig økes gyldigheten ved at intervjudataene suppleres av dokumenter, som for eksempel fremdriftsplaner.

Når det gjelder FS2 blir bildet annerledes. Her er det et eksplisitt ønske om å kartlegge ulike praksiser, noe som naturligvis blir påvirket av informantenes tanker om praksisen. For dette forskningsspørsmålet er det viktig å påpeke at gyldigheten kunne vært høyere med en omfattende observasjonsstudie. Samtidig er man ofte avhengig av å gjøre pragmatiske valg av praktiske årsaker i forskningssammenheng (Tjora, 2021). Og det ville ikke vært realistisk å gjennomføre et tilstrekkelig antall observasjonsstudier. For det aktuelle forskningsspørsmålet fremstår fordelene med å kunne kartlegge flere praksiser innenfor tidsrammen som viktigere enn ulempen med at dataene er av subjektivt art.

FS3 søker informantenes erfaringer med taktproduksjon og valget av intervjuer gir dermed høy gyldighet. Den største innvendingen mot gyldigheten for dette forskningsspørsmålet er at informantene i begrenset grad lener seg på andrehåndsinformasjon, ved å gjenfortelle tilbakemeldinger fra deres samarbeidspartnere. Det er likevel ikke her hovedvekten av forskningsspørsmålet hviler, og så lenge leseren er klar for redusert gyldighet i disse observasjonene vurderes det som hensiktsmessig å inkludere tilbakemeldingene.

### 2.5.3 Generaliserbarhet

Generaliserbarhet handler om relevansen til forskningen, og om den er gyldig til å si noe generelt, ut over det man direkte forsker på (Tjora, 2021, s. 259). Denne studien bedriver det Tjora (2021) omtaler som *Moderat generalisering*, det er en form for generalisering hvor det beskrives ulike situasjoner man kan generalisere for.

I denne studien er det lagt hovedvekt på å kartlegge praksis i større totalentreprenører i Norge. Det argumenteres derfor for at studien, til en viss grad kan brukes til å generalisere praksisen for taktproduksjon blant de større totalentreprenørene i Norge. Et motargument mot dette er at studien baserer seg på et relativt tilfeldig utvalg blant de 20 mest omsettende

totalentreprenørene i 2018. Det skyldes rett og slett tilgang på intervjuobjekter, da det viste seg å være stor variasjon i om en entreprenør var positiv til å delta i forskningen. Det kan være et uttrykk for at de som takket nei ikke benytter metoden, men det kan også være et uttrykk for at man ikke ønsker å offentliggjøre slik informasjon eller det kan være at man ikke har kapasitet til å delta. Uavhengig av hva som er årsaken fremstår utvalget som relativt representativt, med informanter fra de aller største konsernene og de litt mindre, og fra forskjellige steder i landet. Det er for lite data fra byggherre og rådgiverperspektivet til å kunne generalisere ut fra dette, men de tilfører likevel verdifulle perspektiver.

Studien legger opp til en beskrivelse av *status quo*, og det bør derfor understrekes at generaliserbarheten er tidsavhengig. Kontinuerlig forbedring er et grunnleggende prinsipp i Lean-tankegang generelt og taktproduksjon spesielt. Man må derfor regne med at generaliserbarheten til de dataene som fremkommer her vil avta med tiden.

## 2.6 Styrker og svakheter med studien

Pålitelighet, gyldighet og generaliserbarheten til studien er tidligere beskrevet, samtidig kan det være nyttig med et mer overordnet perspektiv. I dette kapittlet vurderes styrker og svakheter med studien som helhet.

Den største styrken til studien er at metoden bidrar til å kartlegge ulike bransjeaktørers praksis og setter det inn i en teoretisk kontekst. Gjennom å etablere tidligere forskning får leseren et inntrykk av både den internasjonale forskningen og hvordan metoden praktiseres i Norge. Bruken av intervju som hovedkilde til data gjør også at man får inngående beskrivelser av informantenes erfaringer med metoden.

Samtidig er også den største ulempen til studien at hovedvekten av data stammer fra 10 semi-strukturerte intervjuer. Andre metoder, som for eksempel spørreundersøkelse eller observasjonsstudier, kunne gitt resultater med større gyldighet og generaliserbarhet. Det har ikke latt seg gjøre av to grunner. Det ene er praktiske årsaker knyttet til å gjennomføre et forskningsopplegg under koronapandemien, som gjør det vanskelig å gjennomføre observasjonsstudier flere steder på flere byggeplasser, flere steder i Norge. Det andre er variasjon i begrepsbruk, som medfører at man gjennom en spørreundersøkelse risikerer å få svar som er basert på ulik begrepsforståelse.

# Kapittel 3

---

## Teori

---

Experience without theory is blind, but theory without experience is mere intellectual play.

*-Immanuel Kant*

I dette kapitlet presenteres nødvendig teoretisk grunnlag for at man skal slippe å "gå i blinde" i resultatkapitlet.

Kapitlet starter med grunnleggende begreper fra produksjonsteori. Her beskrives og defineres et begrepsapparat for å kunne diskutere taktproduksjon. Videre presenteres overordnede perspektiver på ulike metoder for fremdriftsplanlegging. Ulike tilnærminger til fremdriftsplanlegging er nødvendig å definere for å forstå konteksten til de fleste informantene, samtidig som det er nyttig som et utgangspunkt for sammenlikning. Det presenteres også to metoder som er relevante for å forstå informantenes perspektiver på taktproduksjon.

Til slutt i teorikapitlet presenteres en gjennomgang av eksisterende litteratur om taktproduksjon. Her forklares de grunnleggende byggesteinerne i taktproduksjon. Taktproduksjon viser seg å eksistere i ulike former (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020) og det vil derfor bli etablert et skille mellom ulike former for taktproduksjon mot slutten av kapitlet. Helt til slutt presenteres en modell for modenhetsnivå og et teoretisk rammeverk for taktproduksjon.

## 3.1 Grunnleggende produksjonsteori

For å kunne diskutere taktproduksjon er det nødvendig å etablere et begrepsapparat for grunnleggende produksjonsteori. I denne oppgaven tas det utgangspunkt i definisjonene til Drevland (2019). Drevland (2019) tar utgangspunkt i boken *Factory psycis* av Hopp og Spearman (2011). Boken har som mål å gi et teoretisk grunnlag for produksjonsteorein ”som er like fundamentalt som Newtons lover er i fysikken”. Det regnes derfor som fornuftig å legge dette begrepsapparatet til grunn, men for å konkretisere begrepene fra generell produksjonsteori til byggeprosjekter sees det som hensiktsmessig å ta utgangspunkt i Drevland (2019) arbeid, det velges også bevisst samme norske begreper som Pedersen (2020).

### 3.1.1 Arbeidsstasjon

Begrepet arbeidsstasjon, ”workstation” på engelsk, er mye brukt i litteraturen om både fabrikk og byggeplassproduksjon. Overodnet kan en arbeidsstasjon defineres som ”en enhet som utfører arbeid” (Hopp og Spearman, 2011 sitert i Drevland (2019))

En arbeidsstasjon i et byggeprosjekt skiller seg fundamentalt fra en arbeidsstasjon i industrien. I en fabrikk er en arbeidsstasjon typisk en fysisk lokasjon hvor en type arbeid blir utført (Drevland, 2019). I et byggeprosjekt derimot vil produksjonen bevege seg gjennom produktet ”hos kunden” (Pedersen, 2020). Byggeprosjekter medfører dermed at arbeidsstasjonene flyter gjennom produktet, denne flyten omtales gjerne som en *flag-parade* (”Parade of trades”) (Tommelein mfl., 1999).

Det er nyttig med et begrepsapparat for å beskrive arbeidsstasjoner relativt til hverandre. Begrepene *oppstrøms* og *nedstrøms* er ofte brukt for å beskrive henholdsvis aktiviteter tidligere og senere i prosessen (Drevland, 2019).

### 3.1.2 Produksjonshastighet og kapasitet

En arbeidsstasjon har *kapasitet* til å utføre en gitt mengde arbeid per tid. Samtidig er det ikke gitt at arbeidsstasjonen tildeles like mye arbeid som den har kapasitet til. Begrepet *last* beskriver andelen arbeid som tildeles

en arbeidsstasjon (Drevland, 2019). *Utnyttelsen* av en gitt arbeidsstasjon er da forhold mellom last og kapasitet. De er ofte naturlig å regne i prosent, se [likning 3.1](#). For eksempel dersom et arbeidslag med betongarbeidere har kapasitet til å forskale  $1000m^2$  per uke, men får tildelt  $900m^2$  forskalingsarbeid en gitt uke er utnyttelsesgraden 90%.

$$\text{Utnyttelse} = \frac{\text{Last}}{\text{Kapasitet}} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

*Produksjonshastigheten* er faktisk produksjon per tidsenhet for en gitt arbeidsstasjon. På systemnivå er det vanlig å måle *gjennomstrømningsraten* ("throughput" på engelsk) for et gitt produksjonssystem. Gjennomstrømningsraten er definert som den gjennomsnittlige leveransen til produksjonssystemet per tidsenhet. Gjennomstrømningsraten begrenses av den arbeidsstasjonen i produksjonssystemet med lavest produksjonshastighet, den laveste produksjonshastigheten i et system omtales ofte som *flaskehalsraten* (Hopp og Spearman, 2011, sitert i Pedersen, 2020, s.22).

### 3.1.3 Partistørrelser, varer i arbeid og syklustid

*Parti* ("Batch" på engelsk) defineres i norsk ordbok som "en del av noe". I produksjonssammenheng regnes et parti som den andelen som produseres samtidig. Det er mest hensiktsmessig å kvantifisere byggeprosjekter med utgangspunkt i arealer, for eksempel antall kvadratmeter vegg, eller størrelse på rom (Drevland, 2019).

*Varer i arbeid* ("work in progress" på engelsk) er antallet produkter i en produksjonsprosess. Varer i arbeid kan måles mellom ulike referansepunkter. I en bilfabrikk kan for eksempel antall biler i produksjon være et mål på varer i arbeid. Samtidig kan vi måle varer i arbeid i lakkering, som da vil være kun de bilene som er til lakkering. Drevland (2019) argumenterer for at denne definisjonen er vanskelig å benytte i et byggeprosjekt, hvor arbeidsstasjonene er det som er i bevegelse. Varer i arbeid i byggeprosjekter defineres derfor som mengden mellom to målepunkter i fagparaden. For eksempel antallet leiligheter hvor innredningsarbeider har startet, men ikke er ferdigstilt.

*Syklustid* ("Cycle time" på engelsk) er tiden det tar å utføre en syklus av arbeid. Hvis vi tar utgangspunkt i definisjonen av varer i arbeid vil syklustiden være tiden det tar fra innredning i en leilighet er påbegynt til

den er avsluttet (Drevland, 2019). Syklustiden inkluderer all relevant tid for arbeidssyklusen, se [likning 3.2](#) (Koskela, 1992).

$$\text{Syklustid} = \text{Arbeidstid} + \text{Inspeksjonstid} + \text{Ventetid} + \text{Flyttetid} \quad (3.2)$$

### 3.1.4 Push- og pullsystemer

Produksjonsteorien skiller mellom to fundamentalt forskjellige måter å introdusere nye arbeidsoppgaver i et produksjonssystem: *pushsystemer* og *pullsystemer*. I et *pushsystem* vil nye arbeidsoppgaver bli frigitt basert på en forhåndsdefinert plan. I *pullsystemer* frigis nye arbeidsoppgaver etterhvert som arbeidsstasjoner med ledig kapasitet etterspør nye oppgaver (Drevland, 2019).

### 3.1.5 Verdiskapende aktiviteter og sløsing

Det engelske begrepet *Value-adding activities* kan oversettes til ”verdiskapende aktiviteter”. Verdiskapende aktiviteter defineres som : «Aktiviteter som transformerer materialer eller informasjon i retning av det kunden ønsker» (Koskela, 1992). Motsetningen til verdiskapende aktiviteter kalles på engelsk *non value-adding activity* eller *Waste* og oversettes her til det norske ordet ”sløsing”. Sløsing defineres som «Aktiviteter som bruker tid, ressurser eller plass, men som ikke tilfører verdi» (Koskela, 1992).

Det er vanlig å skille mellom 8 ulike typer sløsing (Koskela, 2000):

- Overproduksjon → Produsere mer enn det nedstrøms er behov for.
- Overprosessering → Produsere høyere kvalitet enn nødvendig.
- Feil → Feil som fører til omarbeid, feil som fører til skrotting eller feil i dokumentasjon.
- Transport → Transport av materialer, arbeidere eller informasjon.
- Unødvendig inventar → Oppbevaring av unødvendig materialer, deler og informasjon før det trengs.

- Bevegelse → i forbindelse med arbeidsoperasjoner, for eksempel bøyning, snuing og løfting.
- Venting → på materialer, informasjon utstyr, tilgjengelig arbeidsareal eller lignende.
- Ferdigheter → Underutnytte de ansattes evner, eller gi oppgaver uten tilstrekkelig opplæring. Det kan også argumenteres for en annen type sløsing knyttet til ferdigheter, såkalt *Making do*. *Making do* innebærer at arbeidsoppgaver løses uten at forutsetningene er til stede.

### 3.1.6 TFV-teorien

Koskela (2000) etablerer den såkalte Transformasjon, flyt og verdi - teorien (TFV). Tidligere arbeid med produksjonsteori i byggeprosjekter så gjerne de tre perspektivene som ulike tilnærminger, mens Koskela (2000) argumenterer for at de tre perspektivene utfyller hverandre. Teorien har siden blitt sentral for store deler av produksjonsteorien, og man kan argumentere for at den er en fundamental byggestein innenfor produksjonsteorien.

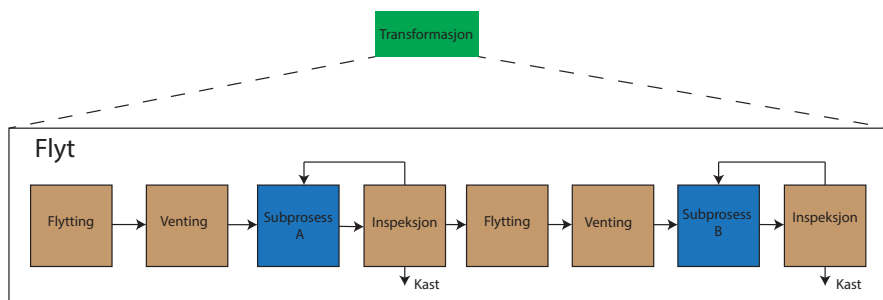
Det første perspektivet, *Transformasjon*, handler om å gjennomføre verdiskapende aktiviteter effektivt. Utgangspunktet for transformasjon er ressurser. Transformasjonsprosessen tar inn ressurser og returnerer et resultat hvor ressursene har endret form (Starr, 1966. Sitert i Koskela (2000)). Dette relateres ofte til en såkalt input/output - modell, se figur 3.1. Fra et rent transformasjonsperspektiv kan produksjonen optimaliseres ved å gjennomføre verdiskapende aktiviteter mest mulig effektivt. På grunn av byggeprosjekters kompleksitet er det desverre ikke så enkelt, og man må derfor ta hensyn til flyt.



Figur 3.1: Input/output-modell for transformasjon (Basert på Koskela (2000))

Det andre perspektivet, *Flyt*, beskriver hvordan et produkt gjennomgår ulike produksjonsprosesser for å oppnå transformasjon. Flyt tar hensyn til aktiviteter som ikke er verdiskapende, sløsing. Det er viktig å påpeke at en del ikke verdiskapende aktiviteter er nødvendige for å oppnå transformasjon, dette kan vi kalle for *nødvendig sløsing*. Et eksempel på nødvendig sløsing er transport av materialer til byggeplass. På den andre siden er venting på materialer unødvendig sløsing.

Konseptet flyt stammer fra fabrikkproduksjon hvor man kan si at produktet flyter gjennom samlebåndet til de ulike arbeidsstasjonene (Koskela, 2000). Som tidligere beskrevet er flyten annerledes i byggeprosjekter da arbeidsstasjonene flyter gjennom produktet. Likevel er konseptet flyt overførbart. Flyt, slik det er beskrevet i Koskela (2000) er vist i figur 3.2. I et flytperspektiv kan totalverdien av prosjektet økes ved å optimalisere flyt. Dette kan gjøres på flere måter: redusere leveringstiden, redusere variabiliteten, øke gjennomsiktighet, øke fleksibilitet og redusere sløsing. Variabilitet er nært knyttet til buffere og er beskrevet i delkapittel 3.1.8.



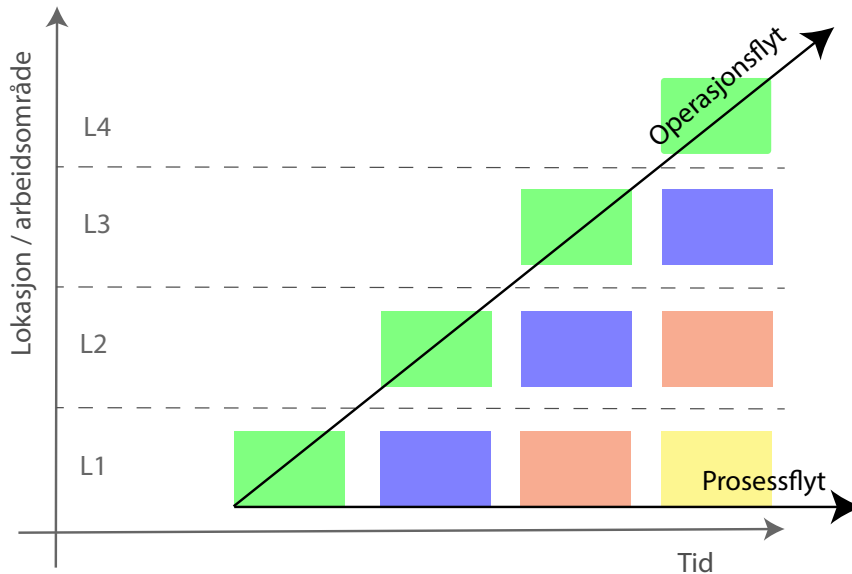
Figur 3.2: Illustrasjon av flyt (Basert på Koskela (2000))

Andre forfattere (Shingo og Dillon, 1989, sitert i Lehtovaara, Seppänen mfl. (2020)) tar til ordet for at det bør skilles mellom ulike typer flyt: *prosessflyt* og *operasjonsflyt* som til sammen utgjør *produksjonsflyt*. I fabrikk-sammenheng er prosessflyt produktet som beveger seg langs samlebåndet og blir stadig mer ferdig. På samme måte beskriver operasjonsflyt arbeidsoperasjonene som utføres på hver arbeidsstasjon langs samlebåndet. prosess og operasjons-flyt henger åpenbart sammen og utgjør altså samlet det som kalles for produksjonsflyt. Det kan likevel være nyttig å skille de to for å kunne detaljere produksjonsoppfølgingen bedre.

Sacks (2016) relaterer teorien til byggeprosjekter og argumenterer for at



prosessflyt er flyten av aktiviteter som foregår i et arbeidsområde (for eksempel i en leilighet). Videre er operasjonsflyt flyten for en arbeidsstasjon i ulike arbeidsområder (for eksempel tømrere som setter opp vegger i ulike leiligheter). Tolkningen kan relateres til et diagram, hvor prosessflyt foregår langs X-aksen, og operasjonsflyt langs Y-aksen, se figur 3.3. Som vi skal se senere er denne grafiske fremstillingen av flyt overførbar til taktplaner. I denne oppgaven legges definisjonen til Sacks (2016) til grunn.

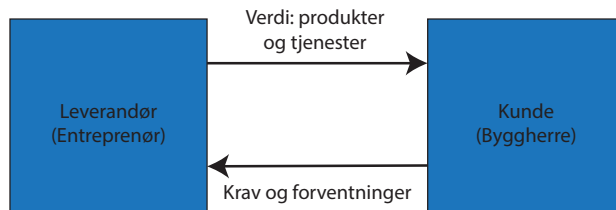


Figur 3.3: Operasjon- og prosessflyt (basert på Lehtovaara, Seppänen mfl. (2020) og Sacks (2016))

Det siste perspektivet, *Verdi*, er behørig diskutert av Drevland (2019). For enkelthetsskyld i denne oppgaven legges den forenklede definisjonen "Verdi er forholdet mellom det du gir (betaling) og det du får (produkt)" til grunn. Drevland (2019) argumenterer for at alle arbeidsstasjoner nedstrøms er å regne som kunder. Dermed bør verdiperspektivet være en del av vurderingen for alle arbeidsstasjoner.

I TFV-modellen til Koskela (2000) flyter verdi gjennom produkter og tjenester fra leverandør til kunde. Mens krav, forventninger og betaling går motsatt vei, fra kunde til leverandør, se figur 3.4. Ved å vurdere alle leveranser med utgangspunkt i kundens krav og forventninger kan den totale

verdien i prosjektet øke ved at man leverer et produkt som er bedre tilpasset kundens forventninger.



Figur 3.4: Illustrasjon av verdiflyt (Basert på Koskela (2000))

### 3.1.7 7 forutsetninger for en sunn aktivitet

For å oppnå et effektivt produksjonssystem ønsker man å oppnå mest mulig transformasjon på kortest mulig tid. Det innebærer at man ønsker å øke transformasjon og redusere unødvendig sløsing i flyten (Koskela, 1992). Unødvendig sløsing i flyten kan være venting på forutsetninger for å gjennomføre en arbeidsoppgave. Koskela (2000) har gjennom empirisk forskning utarbeidet 7 forutsetninger for at en arbeidsoppgave skal kunne utføres. Når forutsetningene er til stede omtales aktiviteten som en "sound activity" på engelsk (Ballard, 2000), som ofte oversettes til *sunn aktivitet* på norsk (Pedersen, 2020):

1. Design og nødvendig prosjektering er utført.
2. Komponenter og materialer er tilgjengelige.
3. Arbeidere er tilgjengelige.
4. Utstyr er tilgjengelig.
5. Det er tilstrekkelig arbeidsplass.
6. Foregående aktiviteter er fullført.
7. Eksterne forhold er i orden.

### 3.1.8 Variabilitet og buffere

Alle transformasjonsprosesser vil naturlig være variable, det gjelder også for byggeprosesser. Å ha et bevist forhold til hvordan denne variasjonen håndteres kan bidra til å redusere unødvendig sløsing og på den måten øke verdigjennomstrømmingen i produksjonssystemet. For å beskrive variasjonen som oppstår i en flyt brukes begrepet *variabilitet*. Variabilitet oppstår fordi sluttproduktet (bygget) er forskjellig, og det vil variere hvor mye ressurser (tid, materialer, arbeid) som trengs for å produsere tilsynelatende like produkter (bygg) (Koskela, 1992).

Drevland (2019) argumenterer for at det i konteksten av byggeprosjekter kan være fornuftig å forklare variabilitet som tiden det tar før alle de 7 forutsetninger for en sunn arbeidsoppgave er til stede. Det presenteres også en lov om variabilitet: ”En økning i variabilitet vil alltid redusere prestasjonen til et produksjonssystem” (Hopp og Spearman, 2011, sitert i Drevland (2019, s. 161).

For å håndtere variabiliteten må man bruke *buffere*. Det følger av bufferloven til Hopp og Spearman (2011 sitert i Drevland (2019, s. 159) (oversatt): ”Et hvert produksjonssystem vil alltid være bufret av en kombinasjon av kapasitetsbuffere, inventarbuffere og tidsbuffere”. Det vil, med andre ord, alltid være buffere i et produksjonssystem, men med et bevisst forhold til buffere kan de også brukes til å *isolere* de ulike arbeidsstasjonene fra hverandre Koskela (2000) definerer buffere slik (parafasert og oversatt):

Dersom transformasjonsprosessen (produksjonen) ikke er uavhengig av eksterne faktorer oppstår det volatilitet. Ettersom man ikke kan styre alle eksterne faktorer er det nødvendig å *isolere* produksjonen mest mulig fra volatile påvirkningsfaktorer. ”buffere” brukes som samlebegrep for fysiske eller organisatoriske virkemidler som brukes for å redusere ekstern påvirkningskraft på produksjonen

Det finnes flere andre definisjoner på buffere, Tommelein mfl. (1999) presenterer en definisjon av buffere for å isolere arbeidsstasjoner: ”work units accumulated ahead of a crew, from which they can draw at will to perform work”. Mens Kenley og Seppänen (2010) definerer buffere i en generell forstand som en samlebetegnelse for ulike virkemidler som har til hensikt å minimere konsekvensene av uforutsette forsinkelser.

Som vi skal se i [delkapittel 3.4](#) finnes det ulike perspektiver og definisjoner på bufferbruk i taktproduksjon. I denne oppgaven legges definisjonen til Koskela (2000) til grunn, sammen med de tre nevnte hovedtypene av buffere:

- **Kapasitetsbuffere:** Ledig kapasitet enten i form av underlastede arbeidsstasjoner eller mulighet for overtid.
- **Inventarbuffere:** Tilgjengelige materialer, oppgaver, arbeidsområder eller oppgaver.
- **Tidsbuffere:** Ledig tid, ofte en forsinkelse mellom ulike arbeidsoppgaver. Tidsbuffere omtales gjerne som ”slakk” i dagligtalen på byggeplass.

Det bør påpekes at buffere per definisjon (se [delkapittel 3.1.5](#)) er å regne som sløsing. Et bevisst forhold til buffere (heretter omtalt som *eksplisitte buffere*) er likevel å foretrekke i produksjonsplanlegging, fordi variabiliteten alltid må bufres. Et ubevisst forholdt til buffere (heretter kalt *implisitte buffere*) vil dermed gi mer sløsing (i form av bortkastet kapasitet, lengre gjennomføringstid eller stort inventarnivå) enn det bufferen i seg selv utgjør. Eksplisitte buffere kan derfor regnes som en form for *nødvendig sløsing*.

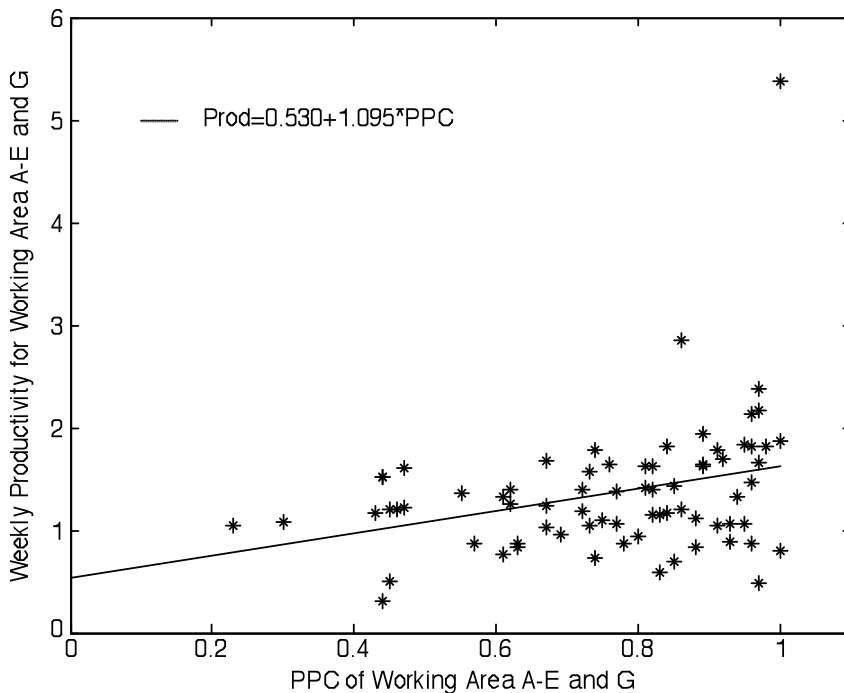
### 3.1.9 Produktivitet

Produktivitet er et begrep som går igjen i dagligtalen og som ofte er brukt av informantene i denne oppgaven. Det ansees derfor som nødvendig å definere begrepet. Produktivitet som begrep er definert på mange ulike måter i litteraturen. I denne oppgaven brukes definisjonene til Jonsson (1996), se [likning 3.3](#)

$$\text{Produktivitet} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \iff \text{Produktivitet}^{-1} = \frac{\text{Input}}{\text{Output}} \quad (3.3)$$

Definisjonen av produktivitet i invers er kanskje det mest kjente produktivitetsmålet i byggebransjen, og kan for eksempel være  $kr/m^2$ . Hovedpoenget med definisjonen er at man måler produktivitet som forholdet mellom tilførte ressurser (input, ofte i form av penger) og resultatet (output, kvadratmeter ferdig bygg, penger, eller lignende) (Jonsson, 1996).

Denne overordnede definisjonen er nyttig til å måle produktivitet på for eksempel projektnivå. I arbeide med denne oppgaven har det desverre vist seg at de fleste informantene ikke utfører produktivitetmålinger som lar seg relatere til definisjonen i [likning 3.3](#). Samtidig varierer bruken av takt, og det er ikke alle prosjekter som bruker taktproduksjon for hele prosjektet. Det kan derfor være nyttig med en annen måte å tilnærme seg produktivitetseffekter av planleggingsmetodikker. Tidligere studier har vist at produktiviteten <sup>1</sup> er korrelert med forutsigbarheten til fremdriftsplanen <sup>2</sup> (Liu mfl., 2011). Korrelasjonen er illustrert i [figur 3.5](#).



Figur 3.5: Spredningsplot for PPU og produktivitet, med lineær regresjon (Liu mfl., 2011)

<sup>1</sup>Målt ved utgangspunkt i [likning 3.3](#), med fakturerbare timeverk / totalt timeverk som måleparameter.

<sup>2</sup>Målt ved Prosent Plan Utført (PPU, PPC på engelsk). PPU er et av flere verktøy i LPS, se [delkapittel 3.3.1](#)

## 3.2 Tilnærminger til fremdriftsplanlegging

Hvordan arbeid planlegges, både i industri- og byggeproduksjon er et omfattende tema hvor det finnes en rekke ulike tilnærminger og metoder. Det er ikke hensiktsmessig for denne oppgaven å ta for seg alle metoder og nyanser i detalj. Det brukes derfor en overordnet todeling, foreslått av Kenley og Seppänen (2010):

- Aktivitetsbasert planlegging (*Activity-based scheduling*): Planleggingsmetoder som planlegger med utgangspunkt i *aktivitetene* som skal utføres.
- Lokasjonsbasert planlegging (*Location-based scheduling*): Planleggingsmetoder som planlegger med utgangspunkt i *lokasjonen* arbeidet skal utføres i.

Det bør påpekes at denne delingen ikke er absolutt. Det finnes planleggingsmetoder i gråsonen mellom de to grupperingen. Det er heller ikke slik at man ved en aktivitetsbasert metode fullstendig ignorerer lokasjon eller omvendt. Grupperingen baserer seg på hva som er den *dominerende* nedbrytningsstrukturen. I det videre beskrives de to tilnærmingene i konteksten av prosjektbasert produksjon i byggebransjen.

### 3.2.1 Aktivitetsbasert planlegging

Hovedprinsippet i aktivitetsbasert planlegging er å lage en fremdriftsplan med logisk sammenhengende aktiviteter. Den enkleste og mest kjente (Henrich mfl., 2005) har siden 50-tallet vært kjent som Kritisk stimetoden (*Critical-Path method*)(Kelley og Walker, 1959). Aktivitetsbaserte metoder kommer i mange former og kompleksiteter. Aktivitetsbaserte tilnærminger synes å være den dominerende planleggingsmetoden i byggebransjen i moderne tid (Kenley og Seppänen, 2010).

Felles for alle varianter av aktivitetsbasert planlegging er det logiske grunnlaget. Aktiviteter behandles diskret og er knyttet sammen i en logisk rekkefølge ("avhengigheter"). Enkeltaktiviter kan i prinsippet flyttes fritt i tid, så lenge den beholder sin logiske rekkefølge inntakt (Kenley og Seppänen, 2010). For eksempel kan maling av vegger i teorien gjennomføres når som helst, så lenge malingen gjennomføres etter at veggen er satt

opp.

Den åpenbare ulempen med aktivitetsbasert planlegging i byggeprosjekter er at man ikke tar hensyn til logistiske utfordringer (Kenley og Seppänen, 2010). En naturlig konsekvens av at enkeltaktiviteter regnes som fri til å flyttes i tid, er at man antar at det alltid vil være tilgjengelige ressurser (råvarer, arbeidskraft, arbeidsplass osv). For et byggeprosjekt vil ofte tilgjengelig ressurser være en begrensende faktor og dermed noe som bør reflekteres i fremdriftsplanen. Som en konsekvens av dette har det vokst frem en rekke nye planleggingsmetoder som tar hensyn til ressurser. Kenley og Seppänen (2010) bruker samlebetegnelsen lokasjonsbasert planlegging.

### 3.2.2 Lokasjonsbasert planlegging

Byggeprosjekter har av natur en kontinuerlig flyt av arbeidskraft og ressurser gjennom byggeplassen. Det er utviklet en rekke ulike planleggingsmetoder for å håndtere kontinuerlig produksjon (continuous general production) (Kenley og Seppänen, 2010). Kenley (2004) foreslår at alle metoder som fokuserer på flyt av arbeidskraft og ressurser gjennom et område omtales som lokasjonsbasert planlegging, det er også definisjonen som legges til grunn i denne oppgaven.

Lokasjonsbaserte planleggingsmetoder har en lang historie som kan skrives tilbake til byggingen av ikoniske Empire State Building i 1929. Da var planleggingsmetoden hovedsaklig utført ved hjelp av grafiske hjelpemidler og såkalt flytlinjeoptimalisering (Kenley og Seppänen, 2010).

Lokasjonsbasert planlegging skiller seg fundamentalt fra aktivitetsbasert ved at aktiviteter ikke behandles som diskret og flyttbare i tid. I lokasjonsbasert er hovedprinsippet at flyt gjennom bygningen forsøkes optimalisert. En ideel lokasjonsbasert strategi kjennetegnes i følge Kenley og Seppänen (2010) av følgende:

- Flere arbeidsstasjoner
- Arbeid og montering foregår i hovedsak på arbeidsstasjonen
- Det finnes repetetive arbeidsoperasjoner, men operasjonene varierer i størrelse og kontekst

- Ressursstyring er håndtert som et flytoptimaliseringsproblem. Forsøker å oppnå kontinuerlig flyt av ressurser.

### 3.3 Relevante metoder og verktøy

I dette delkapittelet presenteres relevante metoder og verktøy. Metoder og verktøy regnes som relevante dersom de er en sentral del av informan-tenes produksjonssystem. Dette er altså ikke å regne som uttømmende beskrivelse av relevante metoder og verktøy, men en beskrivelse av meto-der og verktøy som er relevante for å forstå resultatene.

#### 3.3.1 Last planner system

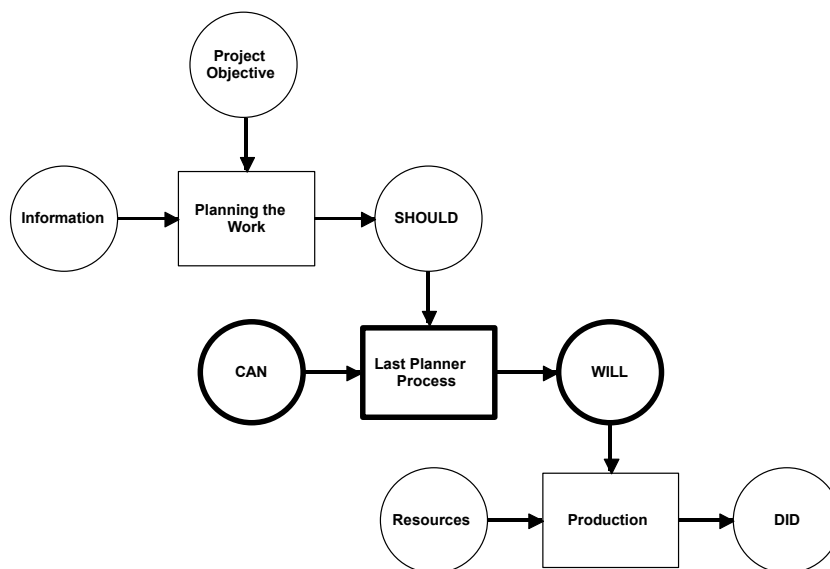
Last Planner System (LPS) er et produksjonskontrollsystem som har som mål å redusere variabilitet og usikkerhet i arbeidsflyten (både operasjon- og prosessflyt) og på den måten bidra til å redusere gjennomføringstiden i byggeprosjekter (Ballard, 2000; Ballard og Howell, 2003). LPS er popu-lært i Norge og har vært brukt av en rekke norske entreprenører i lang tid (Pedersen, 2020). Det varierer om systemet brukes som et helhetlig produksjonskontrollsystem, eller begrenses til en planleggingsmetodikk.

En viktig komponent i LPS er planleggingsmetoden. Som navnet tilsier er målet å legge til rette for at "de siste planleggerne"(Last Planners). Det er et grunnleggende premiss i LPS at det tradisjonelle perspektivet for fremdriftsplanlegging: "hva BURDE gjøres?" skal erstattes av 1) "Hva KAN gjøres?" og 2) "Hva VIL man gjøre?" (Ballard, 2000). For å lykkes med dette premisset må de såkalte siste planleggerne involveres, dette er i norsk kontekst formenn eller baser, altså de som har ansvar for ar-beidet på selve byggeplassen. En skjematisk fremstilling av hvordan LPS integreres er vist i [figur 3.6](#).

LPS er bygget opp rundt en fremdriftsplanstruktur med fire hovednivåer, og en stadig økende detaljering (Ballard og Tommelein, 2016) :

1. Hovedfremdriftsplan
2. Faseplan
3. Utkvikksplan





Figur 3.6: Overordnet perspektiv på LPS (Ballard, 2000, s. 3-15)

#### 4. Ukesplan (også omtalt som "forpliktende planer")

Nivå 1 og 2 kjennetegnes begge av at spørsmålet som stilles er "hva BURDE gjøres?". Etterhvert som planen detaljeres til en utviklingsplan (nivå 3) endres spørsmålet til "hva KAN gjøres?". På utviklingsplannivå er målet at mest mulig av det som bør gjøres skal være mulig å gjøre. I en ideel situasjon ønsker man at alt som bør gjøres kan gjøres. Til slutt utarbeides det en forpliktende ukesplan (nivå 4), med spørsmålet "hva VIL vi gjøre?" (Ballard og Tommelein, 2016). I den forpliktende ukesplan skal alle involverte forplikte seg til å utføre det arbeidet man planlegger å utføre.

Videre støttes plannivåene opp av fem prinsipper for tanker og handling, samt fem funksjoner for å muliggjøre prinsippene (Ballard, 2000). Samtidig finnes det en rekke metoder og verktøy for å bruke metoden i praksis (Ballard, Hammond mfl., 2009). Prinsipper, funksjoner og verktøy er oversatt til norsk av Pedersen (2020, s. 34) og presenteres i tabell 3.1<sup>3</sup>. Et

<sup>3</sup>For ytterligere informasjon vises det til Pedersen (2020), Ballard, Hammond mfl. (2009) og Ballard og Tommelein (2016).

av de mest kjente verktøyene i Norge er såkalt ”lappeplanlegging” (pull-planlegging): en tenikk hvor de involverte aktørene møtes og planlegger seg bakover i tid ved hjelp av post-it lapper

PPU-målinger er et mye brukt mål for å måle påliteligheten til en fremdriftsplan er prosent-plan-utført (*Percent plan complete*, PPU) (Ballard, Hammond mfl., 2009). Verdien er definert som andelen arbeid som ble utført, relatert til andel planlagt arbeid, i et gitt måleintervall. PPU er definert matematisk i [likning 3.4](#). Det er viktig å understreke at PPU kun er et mål for påliteligheten til planer, og ikke et produktivitetsmål (Ballard, Hammond mfl., 2009).

$$PPU = \frac{\text{Utført arbeid}}{\text{Planlagt arbeid}} \quad (3.4)$$

### 3.3.2 Virtual design and construction

Virtual Design and Construction (VDC) er et rammeverk for prosjektgjennomføring, som tar utgangspunkt i ”virtuelle integrerte tverrfaglige modeller for å designe byggeprosjekter” (Kunz mfl., 2012). Målet med VDC er å optimalisere prosjektarbeidet, ved å oppnå korte og effektive beslutningsveier som bidrar til å redusere sløsning og behovet for buffere (Hjelseth og Tollnes, 2019).

Kursheftet Hjelseth og Tollnes (2019) brukes i kurs om VDC i norsk byggebransje. Det antas derfor at denne forståelsen av VDC vil være mest representativ for hvordan norske informanter forstår VDC og denne forståelsen legges derfor til grunn.

VDC-rammeverket består av fem hovedelementer: Måloppnåelse, målstyring, samprosjektering (ICE), Bygningsinformasjonsmodeller (BIM) og Prosess- og produksjonsledelse (PPM). Forfatterne understreker at ”helheten er mer enn summen av delene” (Hjelseth og Tollnes, 2019). I [figur 3.7](#) er de fem hovedelementene i VDC-rammeverket presentert.

I korte trekk består hovedelementene av (Hjelseth og Tollnes, 2019) :

- **Bygningsinformasjonsmodellering (BIM):** Uten BIM ville VDC bare vært en form for prosjektgjennomføring. BIM er sentralt for alle elementene i VDC:
  - BIM gir felles fakta for planlegging og produksjon.

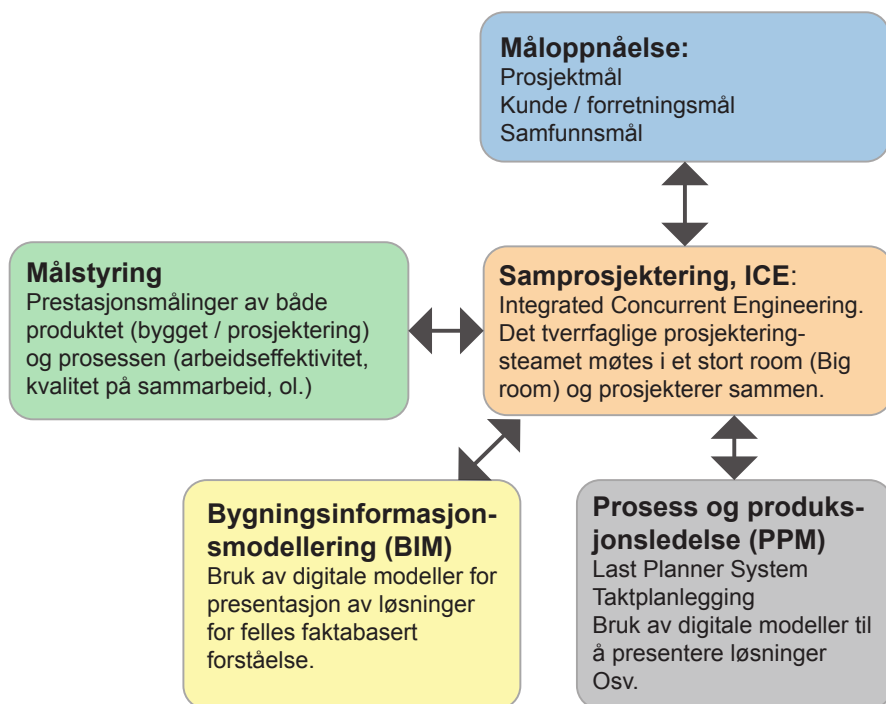
Tabell 3.1: Prinsipper, funksjoner og verktøy i LPS (Pedersen, 2020, s. 34)

Prinsipper	Funksjoner	Metoder og verktøy
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Øk detaljeringsgraden på planer etter hvert som utførelse nærmer seg.</li> <li>• Involver de utførende i planleggingen.</li> <li>• Finn og fjern hindringer for planlagte arbeidsoppgaver i team.</li> <li>• Gjør troverdige og sikre lovnader.</li> <li>• Lær fra nedbrytning.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planlegg sammen</li> <li>• Forbered: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Identifiser og fjern hindringer.</li> <li>– Bryt ned arbeidsoppgaver.</li> <li>– Design operasjoner.</li> </ul> </li> <li>• Frigjøring.</li> <li>• Forpliktelser.</li> <li>• Læring.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pull-planlegging (Bakoverplanlegging).</li> <li>• Hindringsanalyse; loggfør hindringer; registrer risikoer.</li> <li>• Oppgavehierarki: fase/ prosess/ operasjon/ steg.</li> <li>• Studier av første utførelse.</li> <li>• Daglig koordinering.</li> <li>• Troverdige lovnader.</li> <li>• Målinger: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prosent Planlagt Utført (PPU).</li> <li>– Klargjorte arbeidsoppgaver.</li> <li>– Forutsette arbeidsoppgaver.</li> <li>– Frekvens på ikke utførte arbeidsoppgaver.</li> </ul> </li> <li>• Fem hvorfor-analyse.</li> </ul>

- BIM i ICE-møter sikrer at alle ser og forstår det samme.
- BIM i målsetting sikrer at byggherre og prosjektledelse har en felles forståelse når mål utarbeides.
- BIM legger til rette for en digital informasjonsflyt som gjør det lettere å registrere, behandle og presentere målinger.
- **Prosess og produksjonsledelse (PPM):** inneholder flere verktøy for produksjonsledelse. Det nevnes tidligere beskrevne LPS og taktplan-

legging.

- **Samprosjektering (ICE):** er en metode for å samkjøre prosjekteringen ved at alle involverte prosjekteter i samme rom. Dette kombinert med BIM-modellen skal gjøre prosjekteringen enklere, mer effektivt og øke kvaliteten.
- **Måloppnåelse:** er et sentralt element i VDC som ofte får for lite fokus. Det handler om å sette så klare mål som mulig, ved å bruke BIM-modeller og involvere byggherren i ICE-møtene er tanken at selv en uerfaren byggherre vil kunne sette klare mål.
- **Målstyring:** er relatert til kontinuerlig forbedring av både produktet (bygget / prosjekteringen) og prosessen. Det legges vekt på viktigheten av objektive måleparameter som man faktisk kan påvirke. Et eksempel kan være PPU (prosent-plan-utført).



Figur 3.7: Fem hovedelementer i VDC-rammeverket (Hjelseth og Tollnes, 2019, s. 213)

## 3.4 Taktproduksjon

Dette kapittelet tar for seg teoretisk bakgrunnskunnskap om taktproduksjon for å kunne forstå resultatene. Ordet ”takt” defineres i den norske ordboken som ”enhet for rytme”. Kapittelet starter med en gjennomgang av den historiske utviklingen til taktproduksjon, deretter gjennomgår relasjonen mellom lokasjonsbaserte metoder og taktproduksjon. Videre presenteres de viktigste byggesteinene for å planlegge med taktproduksjon. Deretter presenteres et teoretisk rammeverk for taktproduksjon som brukes til å tolke resultatene.

### 3.4.1 Historisk utvikling av taktproduksjon

Haghsheno mfl. (2016) har funnet indikasjoner på at planleggingsmetoden man i dag omtaler som taktproduksjon ble brukt i skipsproduksjon i Venezia allerede på 1400-tallet. Tilsvarende planleggingsmetoder ble brukt på 1900-tallets i amerikansk bilproduksjon og tysk flyproduksjon. Empire State Building nyttigjorde seg av en slags lokasjonsdelt flytlinje-optimalisering som har klare likhetstrekk med dagens taktproduksjon. Videre finner man indikasjon på at en variant av dagens taktproduksjon ble brukt i Sveitsiske brukonstruksjoner på 1800-tallet (Haghsheno mfl., 2016).

Man kan altså finne spor av taktproduksjon langt tilbake i historien, men det var ikke før på 2000-tallet at begrepet *takt* ble definert innenfor akademia for første gang. Bulhøes mfl. (2005) definerer begrepet takt-tid (*Takt time*) som en del av kontinuerlig flytoptimalisering. Frandson, Berghede mfl. (2013) regnes som den første beskrivelsen av taktproduksjon som en egen planleggingsmetode. I årene etter definisjon har metoden vært et populært forskningstema med en rekke publikasjoner (Haghsheno mfl., 2016). Til tross for at det finnes evidens for tidligere implementering kan man si at publikasjonene av Frandson, Berghede mfl. (2013) og Linnik og Berghede (2013) utgjør utgangspunktet for den moderne forståelsen av taktproduksjon i byggebransjen (Heinonen og Seppänen, 2016).

### 3.4.2 Relasjon til andre lokasjonsbaserte metoder

Taktproduksjon planlegger arbeidsoppgaver med utgangspunkt i tilgjengelig areal (lokasjon) og vil derfor falle inn under samlebetegnelsen lokasjonsbasert planlegging. Likevel skiller taktproduksjon seg fra de tradisjonelle lokasjonsbaserte metodene (beskrevet i [delkapittel 3.2](#)), derfor drar både Seppänen (2014) og Frandson, Seppänen mfl. (2015) et skille mellom tradisjonell lokasjonsbasert planlegging og taktproduksjon. Diskusjonen om begrepsbruk videreføres ikke i denne oppgaven. Det gjøres i stedet en presisering av videre ordbruk, hvor termen tradisjonelle lokasjonsbaserte metoder brukes om alle lokasjonsbaserte planleggingsmetoder, *utenom* taktproduksjon.

For å forstå taktproduksjon, er det likevel interessant å se på hvilke trekk som skiller metoden fra tradisjonelle lokasjonsbaserte metoder. Linnik og Berghede (2013) oppsummerer forskjellen på følgende måte: «hovedfokuset til lokasjonsbaserte metoder er utnyttelse av arbeidskraft, mens hovedfokuset til taktproduksjon er kontinuerlig arbeidsflyt uten stopp» (fritt oversatt). Overordnet kan forskjellene knyttes til: bufferbruk, kontrollmetoder og allokering av ressurser (Frandson, Seppänen mfl., 2015).

Hovedforskjellen i bufferbruk er at taktproduksjon fokuserer på kontrollområder med like store arbeidsmengder, og planlegger for samme varighet for alle aktiviteter, uten tidsbuffer (Seppänen, 2014). Taktproduksjon bufferer ved kapasitetsbufferer og inventarbufferer (Frandson, Seppänen mfl., 2015). En naturlig konsekvens av bruken av kapasitetsbufferer er at man underutnytter arbeidskapasiteten for enkelte fagområder. På den andre siden fokuserer tradisjonelle lokasjonsbaserte metoder på jevn ressursbruk gjennom alle arbeidsstasjoner. Lokasjonsbaserte metoder vil kunne nyttiggjøre seg av tidsbufferer og inventarbufferer (Frandson, Seppänen mfl., 2015). En naturlig konsekvens av tidsbufferbruken er at lokasjonsbaserte metoder får en lengre gjennomføringstid. (Seppänen, 2014).

Tradisjonelle lokasjonsbaserte metoder kontrollerer fremdriften ved en såkalt top-down tilnærming. Det måles fremdrift som brukes til å forutse utvikling og løse problemer i fellesskap. I taktproduksjon er det avgjørende at alle fagområder overleverer kontrollområde på takttiden. Man er derfor avhengig av et kontrollregime hvor man kontrollerer hyppigere enn takttiden. Dette gjøres hovedsaklig som visuell kontroll på byggeplassen. Her fokuseres det på å kommunisere hvordan man ligger an og fristene i fremdriftsplanen til de ulike arbeidslagene (Frandson, Seppänen mfl., 2015). Kontrollmetoden til taktproduksjon kan bidra til å skape inntrykk

av hastverk (Frandsen, Berghede mfl., 2013).

### 3.4.3 Taktproduksjon i praksis

I dette delkapittelet beskrives de grunnleggende byggesteinene for en taktplan. Her forklares det hvordan man i praksis utarbeider en taktplan. Selve prosessen varierer, som vi skal se senere, en del mellom de ulike aktørene. Likefullt er det noen grunnleggende momenter som er med i alle former for taktplaner. I det videre beskrives og defineres disse grunnleggende byggesteinene, med utgangspunkt i litteraturen.

Følgende byggesteiner er sentrale for å utarbeide en taktplan:

1. Inndeling i soner.
2. Definere fagparaden.
3. Bestemme takttid.
4. Utarbeide taktplan.
5. Planlegge logistikk og ressursallokering.

Vanligvis starter planleggingsprosessen ved å dele inn bygget i hensiktsmessige soner. Det finnes en rekke ulike begreper for en sone, i denne oppgaven brukes begrepet *kontrollområder*. Kontrollområde er definert som det området en arbeidsstasjon har til rådighet innenfor en takttid. (Binniger, Dlouhy og Haghsheno, 2017). Et eksempel på hvordan en etasje i et bygg kan deles inn i kontrollområder er vist i [figur 3.8](#).

Videre må man bestemme hvordan fagparaden skal se ut. I taktplanlegging er det vanlig å visualisere fagparaden som et tog. Som tidligere nevnt står produktet (bygget) i ro, mens arbeiderne beveger seg gjennom bygget som på et "samlebånd". Dette "samlebåndet" av arbeidere visualiseres ofte som et tog, hvor byggeledelsen er togfører og hver vogn representerer et arbeidslag (Heinonen og Seppänen, 2016). Toget beveger seg fremover med hastighet lik takttiden. Et enkelt eksempel er vist i [figur 3.9](#), dersom arbeidene starter i sone 1 vil arbeidslag 1 (eksempelvis tømmer) starte her, etter en takttid vil toget bevege seg videre og arbeidslag 1 arbeider nå i sone 2. I sone 1 vil da neste "vogn" ankomme og arbeidslag 2 (eksempelvis



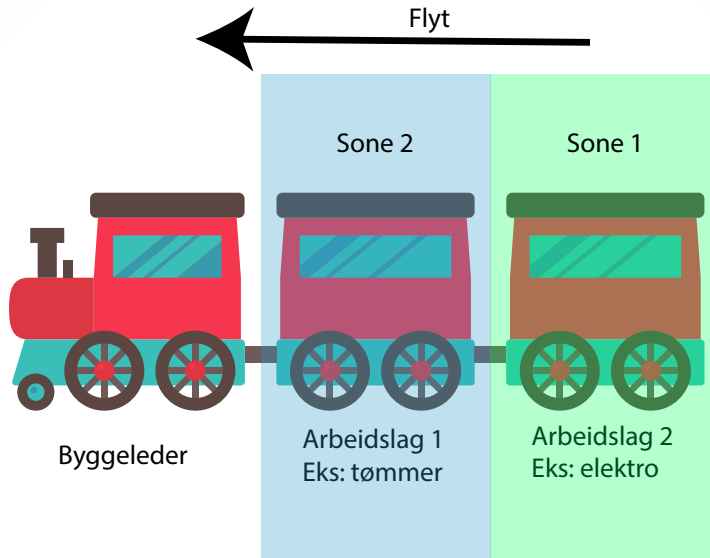
Figur 3.8: Eksempel på soneinndeling av bygg (egenprodusert, basert på Vatne (2016))

elektro) fortsetter arbeidet. På denne måten flyter ”arbeidstoget” gjennom bygget.

For å bestemme fagparaden starter man ved kundens bestilling som beskriver det totale arbeidet per enhet (Heinonen og Seppänen, 2016). Deretter brytes bestillingen ned i mindre arbeidsoperasjoner per fagområde. Disse arbeidsoperasjonene utgjør vognene i takttoget i figur 3.9. Når arbeidsoperasjonene er brutt ned i hensiktsmessige deler vurderes de praktiske implikasjonen (logistikk og avhengigheter). Eksempelvis må nødvendigvis maling av vegg skje etter at vegg er satt opp. Deretter grupperes ulike arbeidsoperasjoner sammen til en ”vogn” i takttoget (Heino-



nen og Seppänen, 2016). I enkelte tilfeller kan man også bruke tomme vogner som buffer (altså at en sone står tom i en takttid) for å løse praktiske utfordringer. Eksempelvis kan tomme vogner brukes hvis man har lang tørketid på maling.

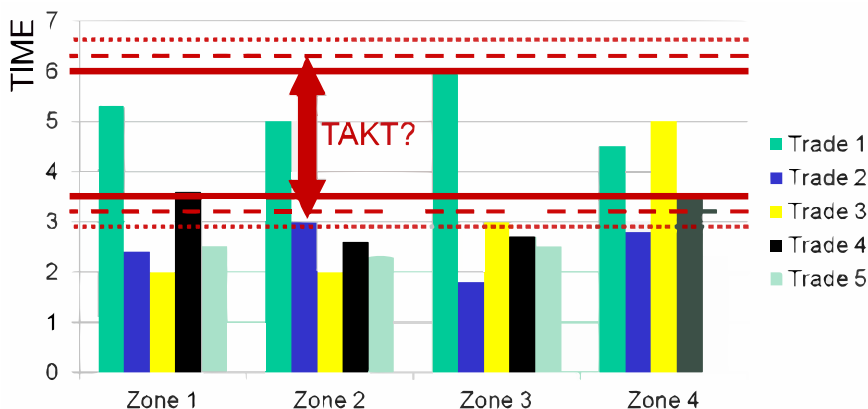


Figur 3.9: Illustrasjon av "arbeidstoget" (egenprodusert, tog designet av [freepik.com](https://www.freepik.com))

Hastigheten toget beveger seg med, eller takttiden, bestemmes oftest etter at kontrollområder og fagparaden er definert. Et av hovedprinsippet i taktplanlegging er å optimalisere operasjonsflyt i prosjektet. Målet er at takttoget skrider fremover med samme fart som nedstrøms arbeidsstasjoner etterspør kontrollområder, ofte kalt etterspørselstiden (*Demand time*). Etterspørselstiden kan finnes på flere måter, ofte bruker man maksimal produksjonshastighet for den tregeste arbeidsstasjonen i fagparaden som etterspørselstid (Frandsen, Berghede mfl., 2013). I visualiseringen av taktplanlegging er takttiden hastigheten til "takttoget", altså hvor lang tid arbeidslagene bruker i hver sone (Heinonen og Seppänen, 2016).

Et styrende prinsipp i taktplanlegging er at man forsøker å etablere en produksjon hvor takttiden er konstant. På grunn av byggeprosjekters natur vil syklustiden variere for ulike fagområder. I prosjekter med taktplanlegging er det derfor viktig å redusere volatiliteten til syklustiden så

mye som mulig. I praksis har man to virkemidler for å redusere variansen i syklustid: 1) tilpasse takttiden, 2) tilpasse inndeling av kontrollområder (Frandsen, Berghede mfl., 2013). Dette kan være en vanskelig avveiningsøvelse, som er illustrert i figur 3.10.



Figur 3.10: Velge takttid fra varigheten på arbeidsoperasjoner (hentet fra Frandsen, Berghede mfl. (2013))

Som vi ser av figur 3.10 kan det være vanskelig å bestemme en takttid. Som tidligere nevnt fungerer takttiden som en øvre skranke for maksimal tidsbruk på en aktivitet. Ved å sette takttiden lik den øverste streken (for å sikre at siste aktivitet blir ferdig) vil man dermed ha et betydelig produktivitetstap for andre fagområder som blir gående ledig i betydelig tid. Setter man alternativt takttiden ved den nederste streken vil fagområde 1 ha store problemer med å fullføre i tide. Det finnes flere måter å løse dette problemet på, noen alternativer er: øke arbeidskapasitet, omdefinere kontrollområdene, gjøre noe arbeid utenfor taktplanen osv (Frandsen, Berghede mfl., 2013).

Heinonen og Seppänen (2016) foreslår en formel finne takttiden matematisk, som vist i likning 3.5. Binninger, Dlouhy, Müller mfl. (2018) foreslår en tilsvarende formel basert på en publikasjon fra 1960 (Nezval, 1960, s.42 sitert i Binninger, Dlouhy, Müller mfl. (2018)), se likning 3.6. De to formelene (likning 3.5 og likning 3.6) er mer eller mindre ekvivalente. Som vi

skal se i delkapittel 5.1.3 kan formlene skrives om til å gi samme uttrykk.

$$t_{takt} = \frac{(\text{Prosjektets varighet} \cdot \text{Daglig arbeidstid}) - \text{Syklustid}}{(N_{\text{Kontrollområder}} - 1)} \quad (3.5)$$

$$\text{Prosjektets varighet} = (N_{\text{Kontrollområder}} + N_{\text{Arbeidsstasjoner}} - 1) \cdot t_{takt} \quad (3.6)$$

Etter at arbeidssoner, fagparaden, takttog og takttid er bestemt utarbeides selve fremdriftsplanen som brukes i taktplanlegging, fremdriftsplanen omtales heretter som taktplan. Det er vanlig å visualisere planen i en matrise med kontrollområder på y-aksen og takttiden på x-aksen (Vatne og Drevland, 2016). Et eksempel på taktplan er vist i figur 3.11. Planen gir et tydelig uttrykk for både prosessflyt(x-aksen) og operasjonell flyt (diagonalt), se figur 3.3.

Planen i figur 3.11 gir også et eksempel på hvordan ulike arbeidsstasjoner kan grupperes sammen i samme vogn (se for eksempel K-01.1, uke 4). Det medfører i dette tilfellet at arbeidsstasjonene for henholdsvis rør og vvs arbeider i samme kontrollområde. Et slikt virkemiddel kan være effektivt hvis tidsbruken per kontrollområde varierer mye (som illustrert i figur 3.10).

Kontrollområde	Uke 52	Uke 1	Uke 2	Uke 3	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8	Uke 9	Uke 10	Uke 11	Uke 12	Uke 13	Uke 14	Uke 15	Uke 16	Uke 17	Uke 18	
	2021	2021	2021	2021	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	
<b>1. Etg</b>																				
K-01.1	Tømmer 1	Rør 1	Elektro	Tømmer 2	Rør 2	VVS	Tømmer 3	Maler	Kiøkken	Tømmer 4	Elektro	Utstyr	Møbler	Vask						
K-01.2		Tømmer 1	Rør 1	Elektro	Tømmer 2	Rør 2	VVS	Tømmer 3	Maler	Kiøkken	Tømmer 4	Elektro	Møbler	Vask						
K-01.3			Tømmer 1	Rør 1	Elektro	Tømmer 2	Rør 2	VVS	Tømmer 3	Maler	Kiøkken	Tømmer 4	Elektro	Møbler	Vask					
K-01.4				Tømmer 1	Rør 1	Elektro	Tømmer 2	Rør 2	VVS	Tømmer 3	Maler	Kiøkken	Tømmer 4	Elektro	Møbler	Vask				
K-01.5					Tømmer 1	Rør 1	Elektro	Tømmer 2	Rør 2	VVS	Tømmer 3	Maler	Kiøkken	Tømmer 4	Elektro	Møbler	Vask			
K-01.6						Tømmer 1	Rør 1	Elektro	Tømmer 2	Rør 2	VVS	Tømmer 3	Maler	Kiøkken	Tømmer 4	Elektro	Møbler	Vask		
K-01.7							Tømmer 1	Rør 1	Elektro	Tømmer 2	Rør 2	VVS	Tømmer 3	Maler	Kiøkken	Tømmer 4	Elektro	Møbler	Vask	
K-01.8								Tømmer 1	Rør 1	Elektro	Tømmer 2	Rør 2	VVS	Tømmer 3	Maler	Kiøkken	Tømmer 4	Elektro	Møbler	Vask

Figur 3.11: Eksempel på taktplan for en etasje (egenprodusert, basert på Vatne (2016))

Logistikkplanlegging trekkes frem som en sentral suksessfaktor for at taktplanlegging skal fungere. Alhava mfl. (2019) nevner manglende logistikkplanlegging som en av årsakene til at taktplanlegging fungerte dårlig i en casestudien. Samtidig trekker Binnering, Dlouhy og Haghsheno

(2019), Frandson, Berghede mfl. (2013) og Vatne og Drevland (2016) frem logistikkplanlegging som en suksessfaktor for god flyt i prosjekter med taktplanlegging. Logistikkplanlegging er nærmere beskrevet i Heinonen og Seppänen (2016).

### 3.4.4 Ulike typer taktproduksjon

Det er mange nyanseforskjeller mellom ulike former for taktproduksjon. Det ser likevel ut til å være to hovedtanker som eksisterer. Forskning på taktplanlegging har i hovedsak blitt drevet fremover av to forskningsmiljø (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020). Frandson og Tommelein (feks:Frandsen og Tommelein (2016)) representerer et hovedsaklig amerikansk forskningsmiljø og operer med begrepet *Takt time production, TTP*. Binninger, Dlouhy og Haghsheno (feks Binninger, Dlouhy og Haghsheno (2017)) representerer et hovedsaklig tysk forskningsmiljø bruker begrepet *takt planning and takt control, TPTC*. Det finnes flere andre forskningsmiljø som har engasjert seg i utviklingen av taktplanlegging, eksempelvis finske Heinonen og Seppänen. Det bør også nevnes at det er en rekke eksempler på publikasjoner hvor forskningsmiljøene samarbeider.

Det ser likevel ut til å være et skille mellom den ”tyske” og ”amerikanske” tilnærmingen til takt. Det er vesensforskjell i hvordan taktplanen utarbeides og hva som regnes som styrende planleggingsfaktorer (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020). På grunn av disse forskjellen regnes det som fornuftig å skille mellom TTP og TPTC. For enkelthetsskyld brukes følgende begreper: TTP omtales som **Amerikansk takt** og TPTC omtales som **Tysk takt**. Hovedforskjellen er graden av involvering av underentreprenører (Gardarsson mfl., 2019; Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020):

- I tysk takt har man en *top-down* tilnærming hvor taktplan, kontrollområder, takttid og fagparade utarbeides av hovedentreprenør. Underentreprenører får kun anledning til mindre justeringer mot slutten av planleggingsfasen.
- I tysk takt regnes kundens behov som den primære planleggingsfaktoren,
- I amerikansk takt har man en *bottom-up* tilnærming hvor underentreprenøren involveres i hele planleggingsprosessen gjennom en rekke arbeidsmøter (*workshops*).

- I amerikansk takt er den viktigste planleggingsfaktoren likest mulig fordeling av arbeidsbelastning over kontrollområdene.

### **Amerikansk takt**

Gjennom en casestudie fra et stort sykehusprosjekt i California presenterer Frandson, Berghede mfl. (2013) en seksstegs metode for implementering av taktplanlegging. Metoden er videre detaljert i Frandson og Tommelein (2014) og senere generalisert av Tommelein (2017). Det trekkes frem at involvering av utførende er en av nøkkelfaktorene i metoden. Videre står balansering av arbeidsmengde i fokus. Prosedyren er dermed ett eksempel på amerikansk takt. Prosedyren beskrives av Tommelein (2017) (oversatt og parafrasert) på følgende måte:

1. **Samle informasjon:** om hvilket arbeid som skal foregå hvor for alle fagområder.
2. **Definere kontrollområder:** ideelt ønsker man soner hvor arbeidsmengden er like stor for alle arbeidslag.
3. **Forstå fagparaden:** gjennom koordinasjonsmøter opparbeider seg man en forståelse hvor hvilken rekkefølge de ulike fagene må arbeide i og for å bestemme takttiden.
4. **Balansere arbeidsmengden:** gjennom steg 2 og 3 har man et grunnlag for å vurdere hvilke fagområder som må øke / senke farten. Eventuelt kan man endre kontrollområdene for
5. **Forstå varigheten på ulike arbeidsoperasjoner:** for å kunne balansere arbeidsmengden presist bør man gjennomføre "first run" studier hvor man måler faktisk tidsbruk. Alternativt kan denne forståelsen komme gjennom gradvis tilpasning i løpet av prosjektet.
6. **Produksjonsplanlegging:** Produksjonen planlegges med utgangspunkt i takttiden. I tillegg kan områdene brytes ned i mindre deler for å måle fremdriften underveis i en takttid.

Frandsen, Seppänen mfl. (2015) beskriver fire generelle buffertyper(oversatt fra engelsk):

1. Tidsbuffer: "slakk" i fremdriftsplanen.

2. Kapasitetsbuffer: de utførende får færre oppgaver enn de har kapasitet til å utføre.
3. Lokasjonsbuffer: Områder på byggeplassen hvor det ikke utføres arbeid
4. Oppgavebuffer: Ofte kalt *workable backlog*, det finnes oppgaver som kan startes på når det er behov for mer arbeid.

Iht. Frandson, Seppänen mfl. (2015) brukes 2,3 og 4 i amerikansk taktplanlegging. For å oppnå kontinuerlig flyt i produksjonen ønsker man ikke å bruke tidsbuffer, siden tidsbuffer representeter avbrudd i flyten. Videre argumenteres det for at kapasitetsbuffer er den foretrukne buffermetoden, enten ved at vognene underbelastes (eksempelvis ved å gi hvert arbeidslag oppgaver som tilsvarer 80% av makskapasitet) eller ved at man har tilgjengelig kapasitet som kan kalles inn på kort varsel (Frandsen, Seppänen mfl., 2015).

### **Tysk takt**

Binninger, Dlouhy og Haghsheno (2017) beskriver hvordan Karlsruhe Institute of Technology (KIT) i Tyskland har utarbeidet en omforent prosedyre for taktplanlegging og kontroll basert på Kaizen (se Moore (2011) kap.8) . Man operer med en 12-steps metode for utarbeidelse av taktplanen:

1. Definere funksjonelle områder
2. Prioritere de funksjonelle områdene
3. Velg et funksjonelt område
4. Definer *Standard Space Unit* (SSU), SSU er den minste repetitive delen av et prosjekt.
5. Definer arbeidspakker hvor hver SSU.
6. Beregn arbeidsmengden for hvor arbeidspakke.
7. Detaljer arbeidspakker videre
8. Bestem kontrollområder og takttid

9. Arbeid med å jevne ut tidsbruken til å passe med takttiden. Endre rekkefølge i fagparaden, endre bemanning, doubling eller tomme vogner, buffere osv..
10. Kombiner arbeidspakker slik at de passer med bestemt takttid og kontrollområder.
11. Gjenta steg 3-6 for alle funksjonsområder
12. Utarbeide taktplan og bestem milepæler ut fra kundens prioriteringer.

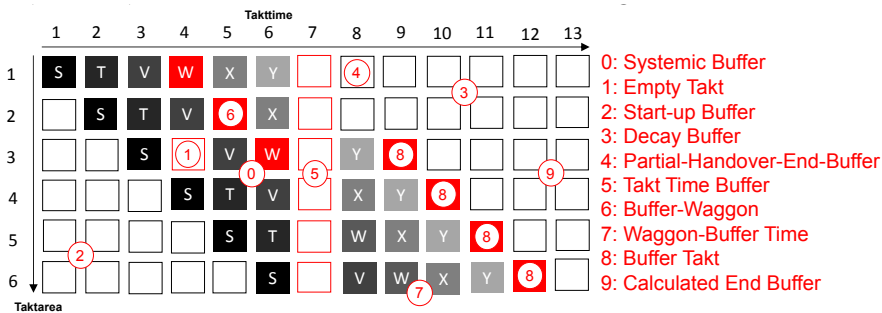
Dlouhy mfl. (2019) beskriver ulike typer buffere som brukes i taktplanlegging i ti ulike grupper. En oversikt relatert til en taktplan er vist i i figur 3.12. De ulike variantene er<sup>4</sup>:

0. *Systemic buffer*: naturlige buffere fra feks helger og helligdager.
1. *Empty takt*: En takttid / vogn uten planlagt arbeid.
2. *Start-up buffer*: Naturlig konsekvens av at taktområder må starte etter hverandre, altså vil arbeidet i sone 1 starte en takttid før sone 2 osv. I prinsippet regnes det som en buffer da en del taktområder vil ha null arbeid før første vognen i takttoget starter.
3. *Decay buffer*: Motsatt av Start-up buffer. Av samme naturlige årsaker vil område 1 bli ferdig en takttid før sone 2 osv. Avslutningsbufferen representerer altså tomme, ferdigstilte områder. En mulig optimalisering er å overlevere områdene separat for å unngå en stor decay buffer.
4. *Partial-Handover-End-Buffer(PHEB)*: Dersom man velger å overlevere områdene separat oppstår det et behov for en mindre buffer mot slutten av hvert taktområde, denne kalles PHEB.
5. *Takt-time buffer*: Stopp i hele produksjonen for en eller flere takttider. Kan for eksempel være planlagte ferier (eks: påskeferie) eller uforutsette situasjoner utenfor produksjonens kontroll (eks: jordskjelv).
6. *Buffer wagon*: Tom vogn brukt som plassholder for nødvendig aktiviteter, for eksempel tørketid eller vedlikehold.

---

<sup>4</sup>Engelske begrep fra Dlouhy mfl. (2019) brukes da det ikke er funnet en hensiktsmessig norsk oversettelse

7. *Wagon-Buffer time*: Overkapasitet i arbeidsvognene. For eksempel en vogn i 5 dagers takt med arbeid som i utgangspunktet kun tar 4,5 dager. Da utgjør wagon-buffer time 0,5 dager.
8. *Buffer takt*: Tom vogn som plasseres mot slutten av et takttog før neste takttog starter. Brukes ofte i forbindelse med større milepæler i produksjonen, for eksempel etter tett bygg.
9. *Calculated end buffer*: Den totale akkumulerte tiden som kan fjernes fra en optimal flytprosess. Dette er den generelle ”slakken” alle byggeprosjekter planlegger med før overlevering. Siden bufferen planlegges med fra start er det vanlig å regne det som tid spart dersom bufferen ikke brukes. Dette er gunstig for produktiviteten som helhet og det bør derfor være et mål å transformere flest mulig av de andre buffertypene til denne buffertypen.



Figur 3.12: Typer buffere i taktplanlegging(hentet fra Dlouhy mfl. (2019))

Prinsippet for kontroll er hentet fra Kaizens ”shopfloor management”(Moore (2011) kap.8), som i byggebransjen betyr å ha mest mulig av kontrollen ”på byggeplassen”. Daglige møter på byggeplassen, hvor alle utførende entreprenører deltar, regnes som spesielt viktige. Samtidig monitoreres fremgangen ved hjelp av en tavle som oppdateres daglig( *Takt Control Board*) (Binniger, Dlouhy og Haghsheno, 2017). Man bruker følgende nøkkeltall for å monitorere produksjonen:

- Antall arbeidere per fagområde
- Antall (større) maskiner
- Andel som følger taktplanen



- Kvalitetsavvik
- Nøkkeltall innenfor HMS(feks:antall RUH, H-verdier (Kjellen og Albrechtsen, 2017)).
- Antall arbeidsavbrudd (untatt pauser)
- Ryddighet

### 3.4.5 Erfaringer med taktproduksjon

Det er i litteraturen beskrevet en del erfaringer med ulike former for taktproduksjon. I det videre presenteres de mest sentrale funnene, da det kan være interessant å sammenlikne resultatene i forskningsspørsmål 3 (*Hvilke erfaringer og resultater har taktproduksjon i norsk byggebransje?*) med resultater fra tidligere forskning.

Heinonen og Seppänen (2016) ser på innredningsarbeid i cruiseskip, og argumenterer for at et slikt arbeid har en betydelig overføringsverdi til byggebransjen. Her har taktplanlegging gitt ekstremt gode resultater:

- 380% produktivitetsøkning, sammenliknet med gjennomsnittlig nivå i bransjen.
- 99% reduksjon av varer i arbeid
- 73% reduksjon i byggetid

Det bør likevel påpekes at denne industrien tradisjonelt har vært kjenne-tegnet av lav produktivitet, dårlig kvalitetsledelse og høy bruk av overtid (Heinonen og Seppänen, 2016).

Vatne og Drevland (2016) rapporterer om signifikant mindre inaktiv tid for flere av arbeidslagene. Dette gav en høy akkordlønn, noe som tilsier høy produktivitet hos arbeidslagene. Alhava mfl. (2019) beskriver en annen virkelighet hvor prosjektet ikke fikk utnyttet potensialet til produktivitetsøkning.

Linnik og Berghede (2013) rapporterer om en forventet reduksjon i byggetid på 17% sammenliknet med opprinnelig aktivitetsbasert plan. Binninger, Dlouhy, Müller mfl. (2018) rapporterer om en reduksjon i byggetid på 70% sammenliknet med tradisjonell aktivitetsbasert planlegging. Frandson,

Berghede mfl. (2013) beskriver 55% reduksjon i byggetid (fra 11 til 5 måneder). Alhava mfl. (2019) rapporterer om betydelig utfordringer i implementeringen av taktproduksjon, men likevel en reduksjon i byggetid på 30%.

I studien Vatne og Drevland (2016) svarer de utførende utelukkende positivt på spørsmål om hvordan taktplanlegging fungerte. Det trekkes særlig frem at man hadde vesentlig mindre logistikkutfordringer enn ventet. Videre kommenteres det at man opplevde en signifikant positivt produktivitetstutvikling i løpet av prosjektet. Det var en svært høy gjentakelsesgrad, noe som gjorde at mange av de utførende kunne redusere bemanningen etter hvert. Øygarden (2019) rapporterer om fornøyde baser som opplevde større eierskap og involvering i planleggingsarbeidet som en motiverende faktor. Binninger, Dlouhy, Müller mfl. (2018) beskriver at underentreprenørene i forkant var skeptiske til en plan med svært kort takttid. De ble positivt overrasket og trakk særlig frem fordelene ved å jobbe uforstyrret i deres område.

Behovet for koordinasjon mellom arbeidslag er forventet å øke i taktproduksjon (Linnik og Berghede, 2013). Særlig når flere arbeidslag kombineres i samme vogn, eller når overleveringen av kontrollområde er usikker. Reduksjon av kontrollområder for å ha kun et fag per vogn, med en viss overkapasitet på vognene ser ut til å gi det beste resultatet. Da har byggeledelsen ressurser til nødvendige avklaringer, optimalisering av produksjonen og rotårsaksanalyser. Gevinstene av dette arbeidet ser ut til å være større enn produktivitetstapet fra overkapasitet i vognene. Linnik og Berghede (2013) trekker også frem at en bedre forståelse av taktplanlegging fra start av prosjektet ville vært gunstig.

Haarr (2016) beskriver hvordan taktproduksjon ble forsøkt implementert i et rehabiliteringsprosjekt. Her tilbakemelder byggeledelsen at det på grunn av den store variabiliteten og usikkerheten i rehabiliteringsprosjekt var tilnærmet umulig å utarbeide en hensiktsmessig taktplan i forkant. Følgelig oppnådde man ikke den ønskede effekten, og man endte i stedet opp med å sløse betydelige ressurser i form av svært store kapasitetsbuffer. Smiseth (2013) dokumenter noe av det samme. Her hadde man ikke kontroll på variabiliteten og konsekvensen ble at byggeledelsen brukte betydelige ressurser på å revidere fremdriftsplanene

### 3.4.6 Teoretisk rammeverk for taktproduksjon

Det er nyttig med et teoretisk rammeverk for å kunne sette resultatene i en sammenheng og vurdere de opp mot hverandre. Det finnes en rekke ulike rammeverk for produksjonsteori generelt, men vesentlig færre for taktproduksjon spesielt. I det videre presenteres et rammeverk, og en modell over modenhetsnivå. Modellen over modenhetsnivå fremstår som mest konkret, derfor legges denne modellen til grunn for resultatene. Det komplette rammeverket presenteres her, og brukes i diskusjonen av resultatene.

Lehtovaara, Heinonen mfl. (2020) presenterer en modenhetsmodell for taktproduksjon, med tre ulike modenhetsnivåer, se [tabell 3.2](#). Modenhetsnivåene er beskrevet med en liste med forutsetninger for hvert nivå. Modenhetsnivåene tar kun utgangspunkt i hvilke forutsetninger som er til stede, som vi senere skal se kan det være tilfeller hvor forutsetningene er til stede, men man likevel ikke oppnår de forventede resultatene.

Noen av de samme forskerne, Lehtovaara, Seppänen mfl. (2020), foreslår et teoretisk rammeverk for taktproduksjon. Rammeverket har hovedfokus på flyt, og fokuserer på drivere, forutsetninger, effekter og utfall av ulike former for taktproduksjon. Dette rammeverket tar bedre hensyn til det potensielle gapet mellom forventede og faktisk utfall. I det videre presenteres og forklares rammeverket oversatt til norsk. Rammeverket tar utgangspunkt i tre ulike *domener* for implementering av takt i en bedrift: 1) Taktplanlegging, 2) Taktkontroll og 3) Kontinuerlig forbedring.

En grafisk fremstilling av rammeverket er vist i [figur 3.13](#). Det bygger på fem postulater om flyt i taktproduksjon. Utfyllende begrunnelse forklaring for de ulike postulatene finnes i Lehtovaara, Seppänen mfl. (2020, s. 7-8), det vises ellers til [delkapittel 3.1](#) for beskrivelse av de ulike typene flyt. Postulatene er:

Tabell 3.2: Tre modenhetsnivå for taktproduksjon (Lehtovaara, Heinonen mfl., 2020)

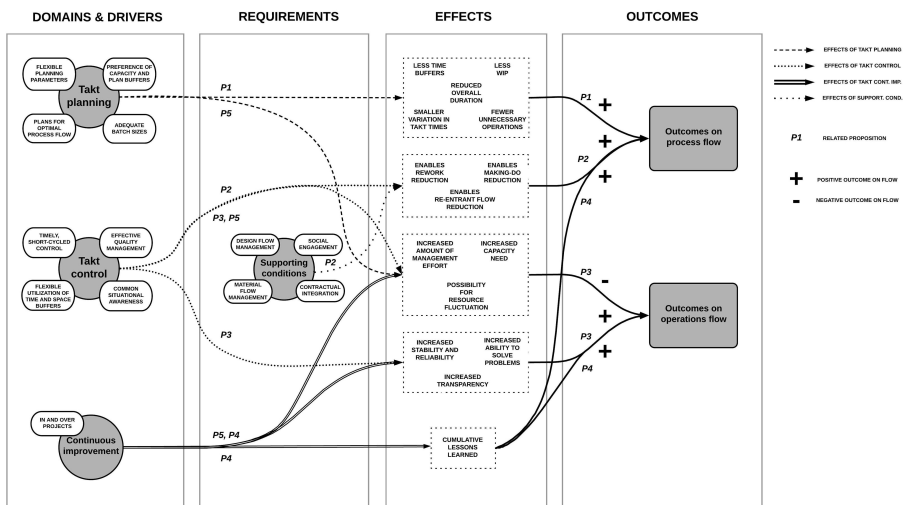
<b>Nivå 1 Teknisk taktplanlegging (Prosjektnivå)</b>	
R1	Fremdriftsplanen tilfredstiller kundens krav.
R2	Kontrollområder, takttid og vogner med ressurser er entydig bestemt.
R3	Effektiv visuell styring er ivaretatt.
<b>Nivå 2 Sosial integrasjon og taktkontroll (Prosjekt- og organisasjonsnivå)</b>	
R4	Opplæring og involvering av prosjektdeltakere er ivaretatt.
R5	Logistikkplanlegging er integret og ”taktet” som en del fremdriftsplanen.
R6	Prosjekteringsprosessen er integret og ”taktet” som en del av fremdriftsplanen.
R7	Det er en gjennomgående situasjonsbevissthet gjennom produksjonsprosessen.
R8	Hindringer løses gjennom kontinuerlig forbedring og samarbeid.
R9	Kvalitetskontroll gjennomføres kontinuerlig og er en del av taktplanen.
<b>Nivå 3 Kontinuerlig forbedring (Organisasjon- og regionnivå)</b>	
R10	Team utformes og utvikles over tid.
R11	Kontraktene med de involverte er integrasjonsbaserte.
R12	Det arbeides systematisk med å minimere sløsing over flere prosjekter.
R13	Logistikk- og materialflyt industrialiseres.
R14	Arbeidstørrelser standardiseres i biblioteker med utgangspunkt i taktplanlegging.
R15	Forbedringsarbeid gjennomføres med utgangspunkt i <i>key performance indexes</i> (KPIer) og en databasert beslutningsstrategi.

P1. taktproduksjon øker prosessflyt ved å detaljplanlegge fremdriften etter fleksible prinsipper og ved å foretrekke bruk av kapasitetsbuffer.

P2. taktproduksjon øker prosessflyten ved omfattende kontroll av produksjon og støttestrukturer. Dette bidrar til å redusere *making do*,

behovet for omarbeid og andelen feil.

- P3. taktproduksjon øker operasjonsflyt ved å øke transparens, stabilitet og forutsigbarhet.
- P4. taktproduksjon gjør problemer mer synlige og legger dermed til rette for kontinuerlig forbedring for å øke prosess- og operasjonsflyt.
- P5. For å øke flyt kan man i taktproduksjon redusere partistørrelsen. Ved å redusere partistørrelsen øker arbeidsmengden knyttet til planlegging og kontroll.



Figur 3.13: Teoretisk rammeverk for taktproduksjon (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020)

*Domene 1: Taktplanlegging*, fokuserer på å optimalisere prosessflyt. For å få best mulig prosessflyt i planlegging med takt må planen være fleksibel med en fornuftig partistørrelse og hovedsaklig bruke kapasitetsbuffere. Effekten blir da mindre tidsbufferer, færre varer i arbeid, mindre variasjon i takttid og mindre sløsing. Dette resulterer i økt prosessflyt, som medfører kortere gjennomføringstid (P1) (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020).

*Domene 2: Taktkontroll*, fokuserer på en forståelig produksjonskontroll som gjennomføres med kort syklustid, til rett tid og støtter opp under kvalitetskontroll. For å dra full nytte av taktkontroll er man avhengig av forhold som ikke omfattes av produksjonsplanlegging, dette omtales som

støttefunksjoner. Støttefunksjonene som må være på plass er: Informasjonshåndtering fra prosjektering, logistikk- og materialflyt, engasjement prosjektdeltakere og integrere kontrakter.

På dette nivået tas også tid- og inventarbuffer i bruk, på en fleksibel måte. Taktkontroll reduserer andelen *making do*, omarbeid og feil (P2). Samtidig gir taktkontroll økt stabilitet og forutsigbarhet, bedre evne til å løse problemer og økt transparens. Dette bidrar til økt, prosessflyt, men øker også arbeidsmengden i produksjonsplanlegging og kontroll (P3) (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020).

*Domene 3: Kontinuerlig forbedring* beskriver hvordan kontinuerlig forbedring er nødvendig, både i prosjektet og på tvers av prosjekter, for å kapitalisere på erfaringene man gjør seg (P4). Samtidig vil kontinuerlig forbedring kunne bidra til å forsvare den økte ressursbruken på planlegging og kontroll (P5).

# Kapittel 4

---

## Resultat

---

I dette kapitlet presenteres resultatene som skal besvare problemstillingen. Resultatkapitlet er strukturert etter forskningsspørsmålene og starter derfor med en gjennomgang av taktproduksjon i Norge, fortsetter med praksis for taktproduksjon i Norge og avsluttes med erfaringer fra taktproduksjon i Norge.

I [delkapittel 4.1](#) beskrives det i hvor stor grad taktproduksjon brukes som metode blant de ulike intervjuobjektene. Videre beskrives de ulike informantens praksis for taktproduksjon i [delkapittel 4.2](#). Der beskrives også modenheitsnivået på metoden. Erfaringer og resultater med metoden beskrives i [delkapittel 4.3](#).

### 4.1 Utbredelse av taktproduksjon i Norge

I dette kapitlet beskrives ulike funn som kan være nyttige for å beskrive utbredelsen av taktproduksjon i Norge. Kapitlet er delt i tre hoveddeler som beskriver bruksområder for taktproduksjon, hvordan taktproduksjon er forankret i organisasjonen og hvilke begreper som brukes. Til slutt presenteres det en oppsummering av kapitlet. Det generelle inntrykket fra intervjuobjektene er at taktproduksjon er relativt godt kjent i bransjen, og at det benyttes av stadig flere entreprenører. En oversikt over kjennskapen til, og forankring av, taktproduksjon i Norge er vist i [tabell 4.1](#).

Tabell 4.1: Kjennskap til taktproduksjon i Norge

Påstand	Antall
Kjenner til taktproduksjon	9 av 10
Kjenner til taktproduksjon under et annet navn <sup>a</sup>	1 av 10
Selskapet har taktproduksjon som en del av sin strategi	2 av 10
Bruker takt i innredningsarbeider	10 av 10
Bruker takt i andre faser enn innredningsarbeider	4 av 10

<sup>a</sup>Etter å ha fått forklart grunnleggende konsept i taktproduksjon. Ekskludert de som kjenner til metoden i utgangspunktet

### 4.1.1 Bruksområder

Taktproduksjon som metode kan i teorien brukes til all fremdriftsplanlegging i et byggeprosjekt. Det har likevel vist seg at en del informanter bruker taktproduksjon i deler av et byggeprosjekt og planlegger andre deler aktivitetsbasert. Dette kapitlet presenterer informantenes perspektiver på hvilke bruksområder taktproduksjon som metode har. Kapitlet avsluttes med en lengre beskrivelse fra informanten fra Statsbygg, som har lengst erfaring med metoden, og har gjort et omfattende arbeid for å videreutvikle metoden i Statsbyggs prosjekter. De viktigste funnene om bruksområder er:

- Alle informantene trekker frem innredningsarbeider som det naturlige punktet å startet med taktplanlegging.
- De fleste informantene trekker frem bygninger med høy repeterbarhet som bedre egnet for taktproduksjon (ofte boliger og hotell).
- Majoriteten av informantene beskriver et ønske om å ta i bruk metodikken i flere faser av et byggeprosjekt, men gir uttrykk for at det er mer krevende å ta metoden i bruk i andre faser enn indredningsarbeider.
- Noen informanter har forsøkt å tilpasse taktproduksjon til bruk i prosjekteringsfasen.

Alle informantene trekker frem innvendige arbeider som den laveste hengende frukten for taktplanlegging. Det er tilsynelatende en gjenganger at man starter med å taktplanlegge innvendige arbeide og deretter vurderer



å ta metoden i bruk for flere faser av byggeprosessen. Alle informantene som bruker, eller har testet, taktplanlegging har startet med å implementere metoden i innredningsarbeider. Det begrunnes med at man har mange ulike fag som skal utføre arbeidsoppgaver som ofte er gjentakende, og dermed at man ser et stort potensial for effektivisering ved bruk av takt.

### **Andre arbeider**

Flere av informantene trekker frem at de enten har prøvd, eller har planer om å prøve taktplanlegging for andre arbeider. Det gjør derimot ikke informanten fra AF-nybygg. Han uttaler at ”Grunnarbeid, råbygg og tett hus utgjør vanligvis ikke så mange aktiviteter. Jeg tenker at nytten av taktplanlegging er større jo flere aktiviteter det er”. Informanten trekker likevel frem at man har for vane å dele bygget inn i kontrollområder også i andre faser, men da uten en fast takttid.

Informanten fra Consto har forsøkt taktplanlegging i fasadearbeid på et boligprosjekt. Forsøket ble igangsatt fordi fasadearbeider, utomhus og lignende ble litt ”glemt” når man fokuserte mye på taktplanen for innredningsarbeider. Formålet ved å ta fasadearbeider inn i planen var å sikre oppfølging og fokus på dette også. Følgelig ble ikke potensialet utnyttet, og informanten ser klare forbedringsmuligheter. Likevel mener vedkommende at det er interessant å prøve igjen, og har også planer om å inkludere utomhusarbeider i et senere prosjekt.

Takting av fasadearbeider arbeider også informanten fra Lean Communications med. Takting av fasadearbeider gir annerledes soneinndeling, men er ellers fullt mulig, i følge informanten. Informanten forteller at han har endret mening de siste årene: ”Før mente jeg at det måtte være høy repeterbarhet for å kunne planlegge med takt, men etter å ha prøvd å takte andre arbeider [for eksempel grunnarbeid] har jeg funnet ut at der er fullt mulig å takte hva som helst”.

### **Prosjektering**

En av informantene fra Betonmast har forsøkt å bruke prinsipper fra taktproduksjon i prosjektering. Da med en variant av ukestakt, hvor det ble planlagt i detalj hva de ulike prosjekterende skulle prosjektere per uke. Informanten hadde dårlige erfaringer med dette og fikk tilbakemelding fra de prosjekterende at det fungerte dårlig med deres arbeidsflyt å forplikte seg til en gitt ukesinnsats. På grunn av flere overlappende prosjekteringsoppdrag ønsket de prosjekterende heller en milepælsplan som

angir når en gitt modenhetsnivå på prosjekteringen skal være oppnådd.

### **Utviklingsarbeid i Statsbygg**

Informanten fra Statsbygg har drevet et større utviklingsarbeid knyttet til Lean i prosjektering og bygging. Dette utviklingsarbeidet har i stor grad bygget på taktproduksjon som foretrukket metode for fremdriftsplanlegging. Informanten beskriver hvordan de har videreutviklet både prosessen og bruksområdene for taktproduksjon over en periode på over 10 år, gjennom 3 store prosjekter. Informanten presenter et interessant perspektiv på taktproduksjon, hvor metodikken sees som en del av et større rammeverk for å optimalisere byggeprosessen helt fra skisseprosjekt til ferdigstillelse. Som et ledd i dette arbeidet har Statsbygg integrert taktproduksjon med andre LEAN-rammeverk, slik at metodikken også brukes i prosjektering. I grove trekk har utviklingen sett slik ut:

1. Startet med Lean bygging (Lean Construction) på Domus-Medica prosjektet i 2010. Her testet vi for første gang taktplanlegging i sin tradisjonelle form. Fungerte ganske bra, med unntak av tekniske fag, hvor man fikk store problemer med å ferdigstille funksjonalitet.
2. Klok av skade forsøkte man å videreutvikle konseptet taktproduksjon til å også omfatte funksjon på neste prosjekt: Designhøgskolen i Bergen (se Holm mfl. (2018)). Her forsøkte man å bruke taktplanlegging i prosjektering, og lage et rammeverk for testing og ferdigstillelse av tekniske installasjoner som kunne integreres med taktplanlegging (systematisk ferdigstillelse).
3. På prosjektet Livsvitenskap ble også brukerstyr integrert i de samme prosessene <sup>1</sup>. Slik at Lean bygging og prosjektering kan være et helhetlig rammeverk bygget på prinsippene fra blant annet taktproduksjon.

Informanten fra Statsbygg er opptatt av helheten, noe som illustreres ved følgende sitat:

---

<sup>1</sup>I prosjekter av denne typen og størrelsen (kostnadsramme på ca 7,5MRD kroner) er brukerstyr en betydelig større og mer utfordrende del av prosjektet enn for "vanlige" kontor- og boligbygg.

[...] Vi har også en kontraktsstrategi som skal bygge opp under dette, enten det er samspill, eller ferdig prosjektert og delte entrepriser. Vi har Lean, systematisk ferdigstillelse, digitalisering og logistikkstrategier som ligger til grunn. I tillegg er det viktig at prosjektdeltakerne har samme mentalitet.

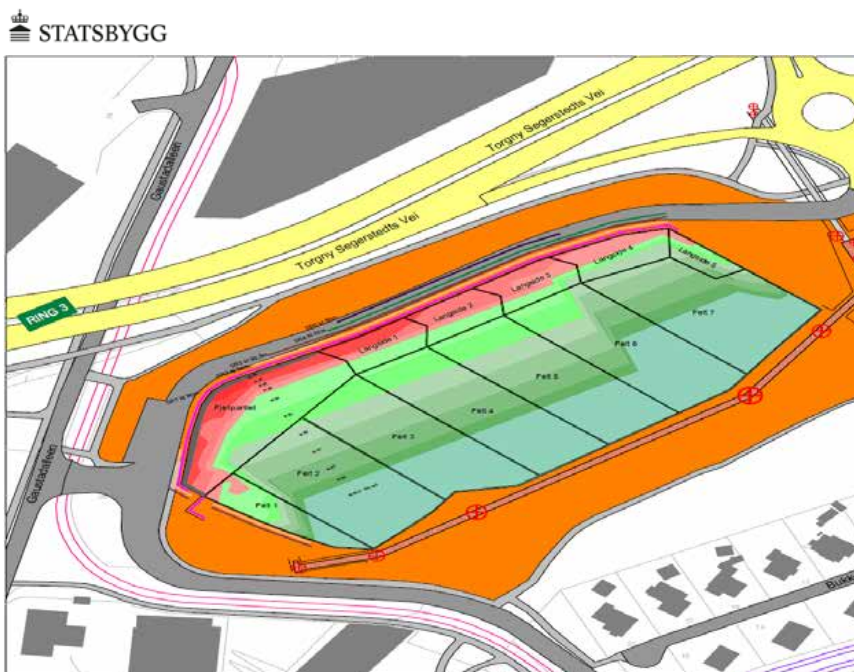
På Livsvitenskap har Statsbygg, sannsynligvis som første i Norge taktplanlagt grunnarbeider. Informanten beskriver at grunnarbeid har vært en slags siste ”bøyg” for taktplanlegging, med mye skepsis fra entreprenørene. Etter å ha testet dette i en omfattende grunnarbeidsfase opplever Statsbygg å ha hatt stor suksess, og omtaler særlig ryddighet og oversiktighet som viktige forbedringer sammenliknet med tradisjonell planlegging.

Inndeling i kontrollområder er naturligvis annerledes for grunnarbeid enn for eksempelvis innredningsarbeider, [figur 4.1](#) viser hvordan tomten ble delt i ulike kontrollområder. Informanten beskriver at området markert i rødt mot veien inneholder fjell og spuntning. På grunn av annerledes arbeidsoperasjoner (sprenging og spunting) og større arbeidsmengde er disse kontrollområdene vesentlig mindre. Videre ble arbeidene planlagt med taktplanlegging. Informanten beskriver at det i en grunnarbeidsfase av naturlige årsaker ikke klarer å oppnå samme kontinuerlige flyt som i andre operasjoner i et byggeprosjekt. det er likefullt utarbeidet en taktplan for grunnarbeidene, som forsøker å oppnå best mulig flyt, selv om kontinuerlig flyt ikke var mulig. Et utsnitt av planen, for et av områdene i [figur 4.1](#), er vist i [figur 4.2](#).

### 4.1.2 Forankring i organisasjon

Det varierer hvordan taktproduksjon som metode er forankret i organisasjonen. Noen informanter har testet metoden på eget initiativ, mens andre bruker metoden fordi selskapet har tatt en strategisk beslutning om å satse på taktproduksjon. Alle informantene fra entreprenørbransjen beskriver en stor frihet til å gjøre egne valg på prosjektnivå. Likevel varierer det om, og i hvilken grad, bruken av taktproduksjon er forankret i organisasjonen. I grove trekk kan informantene deles i tre grupper:

- Taktproduksjon er forankret i organisasjonen og beskrevet i veiledere og/eller styringsdokumenter

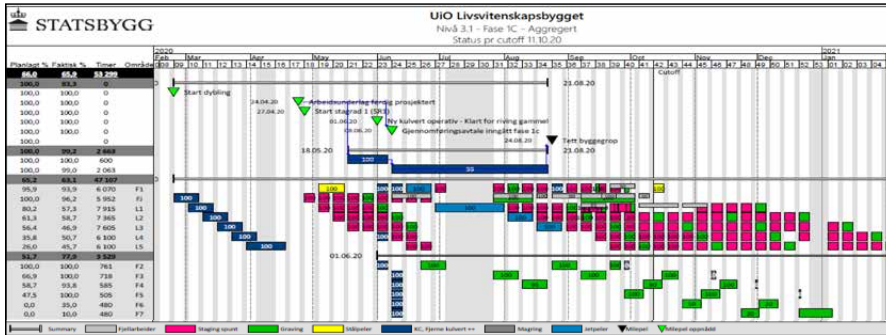


Figur 4.1: Kontrollområder for grunnarbeid (*Intern Produksjonsrapport Fra Prosjekt Livsvitenskap, Statsbygg og Hent, 2020*)

- Taktproduksjon er ikke direkte forankret i organisasjonen, men man har veiledere og/eller styringsdokumenter som beskriver produksjonsstyring og fremdriftsplanlegging, hvor takt kan være en av flere metoder.
- Ingen forankring, bruker metoden etter beslutning på prosjektnivå

### **Taktproduksjon forankret i organisasjon**

Hent har en intern veileder som informantene omtaler som "takt og tog-veilederen". Dette er en veileder som gir føringer for hvordan Hent ønsker å drive med taktplanlegging, og gir konkrete eksempler på hvordan ulike takttog kan se ut. Informanten anslår at veilederen ble etablert i 2014-15 og at den har blitt revidert jevnlig siden. Veilederen er en del av Hents satsing på taktproduksjon. Hents satsing på taktproduksjon beskrives også



Figur 4.2: Taktplan for grunnarbeid (*Intern Produksjonsrapport Fra Prosjekt Livsvitenskap, Statsbygg og Hent, 2020*)

av informanten fra Lean Communications, som forklarer at Hent har utarbeidet et eget digitalt verktøy for utarbeidelse av taktplaner.

### Taktproduksjon ikke direkte forankret i organisasjonen

De to informantene fra AF-gruppen (ansatt i ulike forretningsenheter) viser til interne veiledere for involverende planlegging som er basert på Last Planner System. Begge har denne som utgangspunkt, men opplever ellers å stå fritt til å organisere byggeprosessen selv. Begge informantene bruker fortrinnsvis en variant av taktplanlegging.

Veidekke har også en veileder for involverende planlegging, som er basert på LPS. Informanten beskriver samtidig en stadig økende satsning på planlegging med takt, og dedikerte personer (deriblant informanten) har fått videreutvikling av taktproduksjon som en del av sin stilling.

Begge informantene fra Betonmast beskriver også at organisasjonen har valgt å satse på en kombinasjon av VDC-rammeverk og en egenutviklet involverende planlegging, også denne ganske lik Last planner system. Utover de overordnede føringene oppleves det en relativt stor frihet til å organisere prosjektene som man ønsker. taktproduksjon er ikke en del av noen strategi, og har blitt testet i enkelte prosjekter som regnes som egnet, eller hvor prosjektleder ønsker det. Det mest aktuelle prosjektet er byggingen og rehabiliteringen av hotellet The Hub i Oslo. Her ble det valgt taktplanlegging ”på grunn av ekstremt kort byggetid, høy gjentakelseeffekt og et behov for å effektivisere produksjonen mest mulig”.

Statsbygg har heller ikke taktproduksjon forankret i organisasjonen. Informanten beskriver taktproduksjon som et naturlig verktøy for gjennomføring av en overordnet effektiviseringsstrategi, som vedkommende mener må bygges på LEAN-prinsipper. Samtidig har informanten et inntrykk av at viljen til å teste ut nye metoder varierer mye i selskapet. Vedkommende opplever derfor stor variasjon i hvilke verktøy og metoder som tas i bruk, og hvor mye ressurser som legges i implementering og videreutvikling.

Informanten fra Backe beskriver at konsernet har en overordnet produksjonsfilosofi som er tuftet på LEAN-prinsipper. Her heter det seg at man skal arbeide aktivt med kontinuerlig forbedring for å bidra til flytoptimalisering (flytoptimalisering brukes av informanten synonymt med operasjonsflyt, se [delkapittel 3.1](#)). Informanten beskriver at organisasjonen aktivt søker etter de beste verktøyene for å oppnå flytoptimalisering. Taktproduksjon har blitt identifisert som et av flere verktøy, men informanten fremhever at det er målet om flytoptimalisering som er viktig, ikke hvilken metodikk som brukes.

### **Ingen tydelig forankring**

Consto har heller ikke taktproduksjon som en strategi i selskapet. Informanten beskriver utviklingen ved at de testet det på et prosjekt med kort byggetid, og opplevde gode resultater. Følgelig ble metoden stadig mer brukt, og nå opplever informanten at hans avdeling stadig oftere vurderer taktplanlegging som planleggingsmetode.

Lean Communications skiller seg ut i denne sammenhengen ved å være et rådgivningsselskap som ikke har fremdriftsansvar for byggeprosjekter. Det er likevel interessant at informanten opplever at de aller fleste rådgivningsoppdrag handler om å drive rådgivning og opplæring om taktplanlegging på prosjektnivå. Forretningsmodellen til selskapet er på mange måter sentrert rundt det å drive rådgivning og opplæring ved hver *fasestart*<sup>2</sup>. Informanten beskriver at man har skreddersydd et eget opplæringsopplegg for entreprenører som involverer underentreprenører, kalt *Hotellspillet*<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup>”Fasestart” brukes av informanten som et begrep på tiden like etter en faseovergang. Feks når produksjonsfasen starter etter detaljprosjektering.

<sup>3</sup>Se <https://www.leancommunications.no/verktoykassa/videoeromlean/> for mer informasjon om dette spillet.

### 4.1.3 Begrepsbruk

Begrepsbruken omkring taktproduksjon varierer tilsynelatende mye. Gjennom arbeidet med datainnhenting har det i alle intervjuene vært nødvendig med løpende begrepsavklaringer for å sikre en felles forståelse. Eksempelvis har informanten fra Lean Communications oversatt og tilpasset begrepsbruk til sin praksis. Begrepsforvirringen har for det første gjort datainnsamlingen mer utfordrende. En større utfordring er at denne forvirringen gjør det vanskelig for ulike bransjeaktører å drive erfaringsutveksling, da man ofte "ikke snakker samme språk". I et forsøk på å oppklare misforståelse beskrives det i dette kapittelet de begrepene som har skapt mest forvirring i intervjuene.

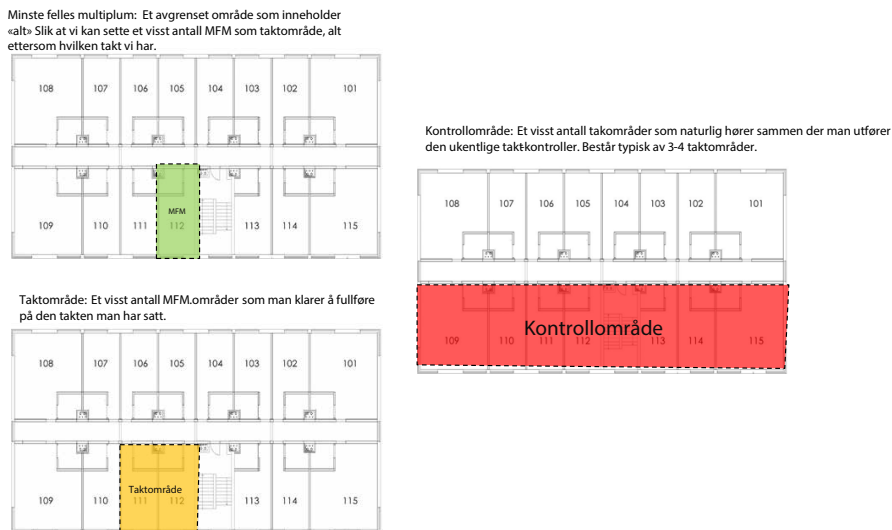
#### Takt

Det første begrepet som har vært definert og forstått på ulike måter er begrepet "takt". Flere av informantene bruker ordet "takt" synonymt med "varighet". Spesielt i prosjekter som kun bruker taktproduksjon i en fase (vanligvis innredningsarbeider), har informantene en tendens til å bruke ordet takt synonymt med varighet. Da for å beskrive hvor lenge en aktivitet eller fase varer. For eksempel: "betongarbeid har en takt på 2 måneder". Denne bruken av begrepet står i kontrast til definisjonen av takt som er "enhet for rytme". De informantene som ikke bruker begrepet synonymt med varighet har en forståelse av begrepet som er i tråd med definisjonen. Det varierer om man beskriver takt som "rytmen til produksjonen" eller "hastigheten til takttoget", men det er to sider av samme sak.

#### Kontrollområder

Det andre begrepet som ofte har skapt forvirring i intervjusituasjoner er det denne oppgaven tidligere har definert som kontrollområder (se [delkapittel 3.4.3](#)) Det vanligste (9 av 10 informanter) er å ha et begrep for inndeling av bygget i kontrollområder. Selve begrepet varierer fra informant til informant, det brukes både *taktområde*, *kontrollområde*, *sone*, *areal* og *område*. De fleste informantene skiller ikke mellom såkalte *taktområder* og *kontrollområder*. Det gjør derimot informanten fra Lean Communications. Deres begreper for soneinndeling av bygg er vist i [figur 4.3](#). Informanten beskriver at denne begrepsforståelsen ligger til grunn for deres kurs om taktproduksjon. Det er verdt å merke seg at begrepsforklaringen gjør et skille mellom taktområde og kontrollområde, som ser ut til å skille

seg fra litteratur om både tysk og amerikansk takt, samt de fleste andre informantenes forståelse av begrepene.



Figur 4.3: Begrepsillustrasjon: Minste felles multiplum (MFM), taktområde og kontrollområde (*Powerpointpresentasjon under Utarbeidelse Lean Communications, 2021*)

### Buffere

Det tredje begrepet som ofte har skapt forvirring er buffere. Informantenes bruk av buffere beskrives i [delkapittel 4.2.5](#), her beskrives kun forvirring knyttet til begrepet. For flere av informantene var begrepet buffere ukjent, og det ble derfor nødvendig å forklare begrepet i intervjustituasjonen. En del informanter bruker det løst definerte begrepet ”slakk” til å beskrive alle elementer i fremdriftsplan som kan fungere som buffere. Flere bruker ordet ”backup” til å beskrive en eller annen form for buffer. For eksempel ”backup-område” om inventarbuffer, eller ”backup-vogn” for å beskrive en tom vogn i takktoget som fungerer som tidsbuffer.

### Taktplanlegging

Det fjerde begrepet som skapte forvirring i et intervju er ”taktplanlegging”. En av informantene startet intervjuet med utsagnet ”jeg er ikke



helt sikker på hva du mener med taktplanlegging, kan du forklare meg det?”. Etter en kort gjennomgang av taktplanlegging slik det er beskrevet i litteraturen, se [kapittel 3](#), utbryter vedkommende: ”Er det det som er taktplanlegging?! Det har vi jo alltid drevet med [I hvert fall så lenge vedkommende har jobbet i selskapet]”. Det viste seg etterhvert at planleggingsmetoden er å regne som taktplanlegging, dog med et ganske avslappet forhold til for eksempel buffere og takttid. Informanten hadde følgende å si om det: ”Vi planlegger stort sett alltid med 2 arbeidsuker i hvert område (10 arbeidsdager), og hvis vi ligger etter har vi helga til å ta igjen det tapte”.

Informanten fra Lean Communications påpeker at gjennom deres kursvirksomhet har de fått kjenskap til en rekke metoder som omtales som taktplanlegging som ikke nødvendigvis er det. En del av metoden bør kanskje regnes som lokasjonsbaserte metoder, da man ikke finner en gitt takttid. Likevel brukes gjerne begrepet taktplanlegging om denne formen for fremdriftsplanlegging.

### **Frustrerende begrepsbuk**

Til slutt i dette kapitlet nevnes det at en av informantene uttrykte frustrasjon med den stadige innføringen av nye begrep i bransjen. Han trekker frem at den stadige utviklingen av begrepsbruk har et element av ”keiserens nye klær” over seg. Informanten har lang erfaring fra entreprenørbransjen og opplever til tider at pådriverne for nye planleggingmetoder har en innstilling om at ”Alt dere har gjort før er dårlig, men nå skal det bli bra”. I tillegg oppleves det at en del av metodene som presenteres er ganske like metoder man har brukt før, og dermed ikke så revolusjonerende som man skal ha det til. Dette støttes blant av en annen informant, som i starten av intervjuet mente å ha brukt taktplanlegging i lengre tid. Dog uten å bruke begreper som taktplanlegging, taktproduksjon eller lignende.

#### **4.1.4 Oppsummering**

I dette kapitlet er det beskrevet at taktproduksjon er mest brukt, av alle informantene i innredningsfasen av byggeprosjekter. Det viser seg at en del informanter også har brukt metoden i andre faser, som fasadearbeid og grunnarbeid. Enkelte informanter uttrykker skepsis til om metoden er egnet for andre arbeider enn innredningsarbeider. Det beskrives også

et lite vellykket forsøk på bruk av takt i prosjekteringsfasen. I tillegg presenteres et internt utviklingsarbeid i regi av Statsbygg, som kan illustrere hvordan bruken av takt modner over tid.

Videre er det beskrevet hvordan taktproduksjon som metode er forankret i organisasjonen til informantene. Det vanligste er at metoden ikke er direkte forankret, men at man har interne veiledere, for LPS, VDC eller Lean, som brukes som grunnlag for implementeringen av takt på prosjektnivå. Det er også eksempler på informanter som har egne veiledere for taktproduksjon, og informanter som tilsynelatende ikke har noen form for forankring av metoden.

Til slutt i kapitlet gjøres det en gjennomgang av begreper som er ulikt definert og forstått av de ulike informantene. Sentrale begreper som: "takt", "kontrollområder", "buffer" og "taktplanlegging" er ulikt definert av de ulike informantene. Det er også beskrevet en av informantenes frustrasjon med den stadige innføring av nye begreper og metoder, som vedkommende litt for ofte opplever å være gamle tanker i ny innpakning.

## **4.2 Praksis for taktproduksjon**

I dette kapitlet presenteres det hvordan de ulike informantene praktiserer taktproduksjon. Det er identifisert noen hovedpunkter hvor praksis varierer: involvering av underentreprenører, størrelse på kontrollområder og valg av takttid, oppfølging av fremdrift, overlevering av kontrollområder og bufferbruk. De ulike hovedpunktene beskrives i påfølgende underkapitler. Til slutt presenteres det en helhetsvurdering av praksis sett opp mot forutsetningene Lehtovaara, Seppänen mfl. (2020) presenterer for modenhetsnivå.

### **4.2.1 Involvering**

Involvering av underentreprenører er et tema som har blitt tatt opp mer eller mindre uoppfordret av alle informantene. Graden av involvering, og i hvilke beslutninger eller faser de utførende skal involveres virker å variere en del. Det virker å være enighet om at de utførende besitter verdifull kompetanse om eget arbeid, og at det bør være en viss grad av involvering for å dra nytte av denne kompetansen. Synet på involvering kan genera-

liseres i to leire:

1. Utførende involveres i hele planleggingsprosessen, fremdriftsplanlegging foregår i fellesskap. Ofte inspirert av LPS.
2. Totalentreprenøren utarbeider forslag til fremdriftsplan som deretter diskuteres og tilpasse i samarbeid med utførende.

Informanten fra Veidekke beskriver at de utførende involveres så tidlig som mulig. Her har man en serie arbeidsøkter (*workshops*) som gjerne starter så tidlig som mulig. I starten ligger hovedfokuset på å bli kjent med hverandre og de overordnede rammene for prosjektet. De overordnede rammene er gjerne gitt av kontrakten med byggherre eller andre ytre forhold. Det kan relateres til LPS hvor milepælsplanen allerede er bestemt, mens resterende planverk er åpent for diksjon. Informanten fra Veidekke legger vekt på at man for å lykkes med involvering er avhengig av en totalentreprenør som har kultur for åpen involvering. Det eksemplifiseres ved at en anleggsleder fra totalentreprenøren ofte kan bli fristet til å ta styringen i planleggingsprosesser. Mens informanten opplever at de utførende får et større eierskap til både prosessen og den ferdige planen hvis anleggsledelsen tar en passiv rolle og lar de utførende selv styre utviklingen av planen.

Informanten fra Backe, mener at det er unødvendig å ”bruke flere dager på å henge post-it lapper på en tavle”. Informanten beskriver en modell hvor totalentreprenøren utarbeider plan, kontrollområder og taktid i forkant og de utførende involveres i arbeidsøkter for å diskutere planen. Det understrekes fra informanten at man har en kontinuerlig dialog med de involverte underentreprenører også i prosessen med planen, men prioriterer tiden til andre ting enn å utarbeide selve planen i fellesskap. I diskusjonen av planen er premisset: ”Hva kan ødelegge for denne planen?”. Etterhvert som utfordringer kommer til syne diskuteres disse og man blir enige om en omforent plan til slutt. I disse arbeidsøktene legger informanten særlig vekt på å være konkret, de eneste svarene som aksepteres er ”ja”, ”nei” eller ”ja, hvis...”.

Begge informantene fra Betonmast har et lignende syn på involvering som informanten fra Veidekke. De oppfatter tidlig involvering av utførende som sentralt for å lykkes med planleggingsprosessen. I det aktuelle prosjektet var involvering en forutsetning allerede på kontraheringsstadiet. I kontraheringsstadiet var perspektivet på involvering todelt. For det

første ble det brukt som et innsalg til underentreprenørene, hvor kombinasjonen av involvering og forutsigbarhet ble brukt som et innsalg for å få gode priser. For det andre ble kravet til involvering og kompetanseheving (prosjektet hyret inn ekstern hjelp fra Lean Communications for å ivareta opplæring av prosjektdeltakerne) kontraktsfestet, for å være sikker på at alle deltok. Informanten trekker særlig frem valg av representanter fra de ulike aktørene som sentralt. ”Jeg er interessert i å snakke med han som faktisk skal gjøre jobben, og ikke daglig leder eller prosjektleder i disse arbeidsøktene” sier informanten. Det skiller seg fra normen for deler av bransjen, hvor daglig leder eller prosjektleder gjerne tar seg av møtevirksomheten i forkant for å kunne ha håndtverkerne mest mulig i produksjon.

De to informantene fra AF-gruppen presenter ulikt syn på involvering. Den ene beskriver en grundig involverende prosess som har mange likhetstrekk med amerikansk takt. Den andre beskriver en mer beskjedent grad av involvering hvor totalentreprenør utarbeider forslag til taktplan basert på underentreprenørers plan for egne arbeidere, som deretter diskuteres i et møte.

Hent har på et av prosjektene involvert de prosjekterende sammen med de utførende i planleggingsprosessen. På grunn av utfordrende grunnforhold var det klare føringer for hvordan og i hvilken rekkefølge arbeidet skulle utføres. Derfor ble det besluttet å involvere de relevante prosjekterende i planleggingsarbeidet. Informanten opplevde at de prosjekterende, som kjente utfordringer og muligheter i prosjektet godt, gav verdifulle innspill i planleggingsprosessen. Informanten vurderer derfor at det er et grep som kan benyttes mer i fremtiden, og mener det bidrar til en enklere informasjonsutveksling i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon.

### **4.2.2 Størrelse på kontrollområder og valg av takttid**

Felles for alle informantenes praksis for taktplanlegging er at man på et eller annet vis har delt bygget inn i kontrollområder. Det er heller ikke til å komme unna at størrelsen på kontrollområdene og takttiden er sterkt korrelert. For de fleste finnes det en smertegrense på bemanning, og de fleste informantene gir derfor uttrykk for at større kontrollområder også medfører lengre takttid. I dette delkapittelet beskrives det hvordan informantene har bestemt kontrollområder og takttid i prosjektene de har

deltatt i<sup>4</sup>. Kapittelet tar utgangspunkt i hvordan informantene planlegger innretningsarbeider. Se [tabell 4.2](#) for en oppsummering av hvordan kontrollområder og takttid ble bestemt. Videre i dette kapittelet beskrives de ulike informantenes forklaring av hvordan taktplanen er utarbeidet, underoverskriftene angir informantenes utgangspunkt for planleggingen.

### **Planlegger for takttid på en uke**

En av informantene fra Betonmast tar utgangspunkt i et stort hotellprosjekt (ca. 800 hotellrom). Her ble det tidlig besluttet at man skulle planlegge for takttid på en uke. Ukestakt ble valgt fordi prosjektledelsen hadde god erfaring med dette, og at man da kunne bruke helgen som en tidsbuffer, uten at dette gikk utover gjennomføringstiden i planen. Med takttid på en uke, ble man enige om at 14 "vanlige" hotellrom var en overkommelig størrelse. For noen arbeidsstasjoner innebær dette valget at de ikke fikk en hel ukes arbeid med tiltenkt bemanning. Informanten beskriver at dette gikk greit, da de aktuelle underentreprenørene kunne løse dette ved å flytte bemanning mellom prosjekter. 14 "vanlige" hotellrom utgjorde omtrent  $500m^2$ .  $500m^2$  ble derfor en omtrentlig størrelse for alle kontrollområdene. På grunn av den relativt store størrelsen på prosjektet opplevde informanten en gjentakelseeffekt nderveis. På samme måte som Vatne og Drevland (2016) ble arbeidsstasjoene stadig raskere ferdig med et kontrollområde. Man besluttet derfor å øke størrelsen på kontrollområdene med 1 hotellrom (til 15) nderveis i prosessen.

### **Mest mulig jevn last i vognene**

Informanten fra Veidekke ønsker mest mulig jevn last for alle vognene i alle kontrollområdene. Informanten beskriver at de har startet et nytt utviklingsarbeid med fokus på timeverko optimalisering. Man har kanskje tidligere hatt et overdrevent fokus på operasjonsflyt, og i for stor grad neglisjert prosessflyt og hensynet til ressursoptimalisering hos de ulike leverandørene. Det arbeides derfor med å gjøre detaljerte beregninger av timeverk for arbeidsstasjoene, for å på den måten kunne ha en mest mulig jevn last på vognene. Ulempen med dette er at man kanskje må akseptere en inndeling i kontrollområder som ikke er like naturlig, eller velge en annen takttid en ukestakt. Ukestakt (5 dager) er mye benyttet i Veidekke,

<sup>4</sup>Det bør understrekes at informasjonen som fremkommer her ikke nødvendigvis er gyldig for hele selskapet, men er basert på beskrivelser fra 1-2 intervjuobjekt per selskap.

<sup>5</sup>Utregnet med utgangspunkt i snittstørrelse for leiligheter i Oslo på  $69m^2$  (Samfunnsøkonomisk-analyse, 2019)

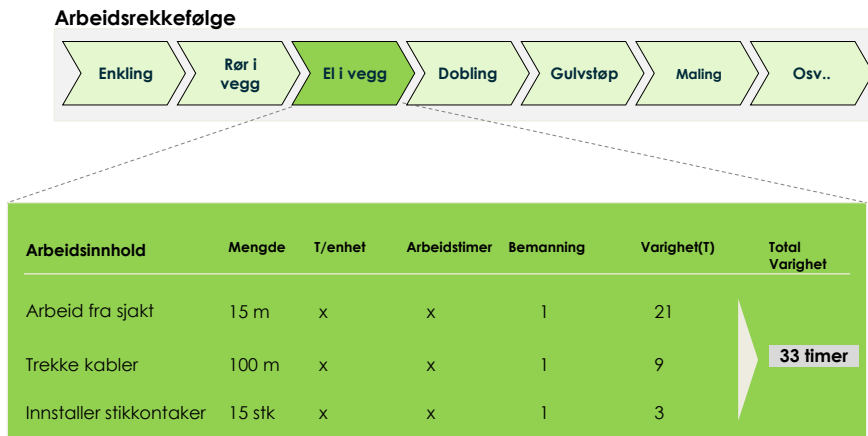
Tabell 4.2: Størrelse på kontrollområder og valg av takttid i innredningsarbeider.

	<b>Utgangspunkt</b>	<b>Kontrollområde</b>	<b>Takttid</b>
Veidekke	Mest mulig lik arbeidsmengde i alle kontrollområder, for alle vogner.	Foretrekker naturlig inndeling: 1 leilighet, 1 etasje ol.	Foretrekker 5 dager
Hent	Velger kontrollområder som gjør det mulig å ferdigstille og teste tekniske installasjoner	Varierer	Stort sett 5 eller 10 dager
Backe	Planlegger ut fra hva som er mest rasjonelt for flest timeverk.	I næringsbygg: ofte sprednett for tekniske fag. I boliger: ofte leiligheter	Beregnes vha <a href="#">likning 4.2</a>
Betonmast	Takttid bestemt på forhånd	14 hotellrom (ca $500m^2$ )	5 dager
AF Nybygg	Mest mulig like områder for jevn bemanning for UE	Ideal størrelse på $200m^2$ kontrollområder	Varierer (1-7 dager)
Consto	Tømmer styrende for takten pga. mange timeverk og egenproduksjon på tømmer	4 leiligheter (ca $200m^2$ )	5 dager
Statsbygg	Planlegger ut fra ukensinnsats	Ofte 400 - 500 $m^2$ , tilpasser ved behov	5 dager
AF bygg	Planlegger ut fra kapasitet hos tømmer (egenproduksjon)	10 leiligheter (ca $700m^2$ <sup>5</sup> )	10 dager
Lean Communications	Beregner timeverk og leter etter beste løsning	Varierer	Varierer, ofte 5 eller 10 dager.

og man har god erfaring med å bruke helgen som tidsbuffer og naturlig skille mellom vognene.

### Kalkulering av timeverk

Lean Communications har også tatt i bruk timeverk for å komme frem til en hensiktsmessig taktplan. Etter at Lean Communications har definert ”minste felles multiplum” (Minste område som inneholder ”alt”, se [delkapittel 4.1.3](#)) bestemmes rekkefølgen i takktoget. Deretter hentes det ut mengder for minste felles multiplum og hver vogn får i oppgave å beregne antall timeverk, se eksempel i [figur 4.4](#). Etter at timeverk for minste felles multiplum er beregnet starter en iterativ prosess hvor man ved å definere kontrollområder som x-antall minste fellesmultiplum samt variere takttid og bemanning leter etter den beste løsningen.



Figur 4.4: Eksempel på beregning av timeverk for en vogn i takktoget (Lean Communications, 2021).

### Tømmer er styrende for takten

Informanten fra Consto beskriver at de lot tømmer være styrende for takten. Dette ble begrunnet med 1) mange timeverk og 2) Consto har egenproduksjon på tømmer. Informanten forklarer at taktplanlegging er relativt nytt for Consto Midt-Norge og det var derfor en fordel at de kunne nyttiggjøre seg av intern kompetanse tidlig i prosessen. Ved å la tømmer ”lede” takten var det enklere å gjøre vurderinger i forkant av involveringen av resterende fag. Samtidig muliggjøre gode tall fra egenproduksjonen kalkulerer med utgangspunkt i timeverk.

Informanten fra AF bygg har en lignende tilnærming hvor tømmer er sty-

rende for takttid og størrelse på kontrollområder. Også her begrunnes det med mange timeverk hos tømmer og at det er lettere å involvere fagpersoner fra egenproduksjonen tidlig i prosessen. I leilighetsprosjekter har tømmerne fra AF bygg en relativt enkel tommelfingerregel om at en tømmer i snitt klarer en leilighet om dagen <sup>6</sup>. En slik tommelfingerregel gjør det i følge informanten enkelt å lage en grovskisse til taktplan tidlig i prosessen. Informanten beskriver også hvordan man på et leilighetsprosjekt valgte å lage provisoriske utsparringer i skilleveggene mellom leilighetene for å lage et hensiktsmessig kontrollområde. En etasje ble definert som et kontrollområde og utsparringene gjorde at arbeiderne slapp å gå opp og ned ulike oppganger.

### **Mest mulig like kontrollområder**

Erfaringstall benyttes også av informanten fra AF-nybygg. De har erfaringstall som tilsier at omtrent  $200m^2$  kontrollområder fungerer best for deres taktplaner. Kontrollområder i denne størrelsesordenen og mest mulig like områder er styrende planleggingsparameter. I leilighetsprosjekter er det et ønske om å ha x-antall leiligheter i et område (ikke dele en leilighet mellom områder). Bakgrunnen for dette er at de små underentreprenørene ofte har begrenset kapasitet og derfor er sårbare for variasjon i last. Informanten trekker frem at det ofte er vanskelig å si noe generelt om størrelse, da man ofte har odetall leiligheter i en etasje, eller leiligheter over flere plan som kompliserer områdeinndelingen.

I skrivende stund arbeider informanten med et prosjekt hvor en etasje utgjør  $300m^2$ , det er for øyeblikket en diskusjon om kan skal tørre å forsøke med et kontrollområde per etasje, på  $300m^2$ . Det viktigste motargumentet mot dette er at leilighetsantallet vil variere mellom etasjene og på den måten gi vesentlig variasjon i last for eksempelvis kjøkkenmontør.

### **Beregning av takttid**

Informanten fra Backe beskriver en annerledes tilnærming hvor taktplanen utarbeides med utgangspunkt i en matematisk likning ( [likning 4.1](#)). Likningen har totalt 4 variabler: Antall arbeidsstasjoner, takttid, antall kontrollområder og total produksjonstid <sup>7</sup>. Informanten beskriver at total

---

<sup>6</sup>Det presiseres at det her er snakk om en "arbeidspakke" i en leilighet om dagen, for eksempel at en tømmer klarer enklings(montere gips på en side) i en leilighet på en dag.

<sup>7</sup>Informanten har andre begreper for noen av variablene, begrepsbruken er "oversatt" til begreppsapparatet som er etablert i teoridelen av denne oppgaven.



produksjonstid og antall arbeidsstasjoner stort sett er gitt. Antall arbeidsstasjoner kommer av hvilket arbeid som skal utføres. Total produksjonstid er på overordnet nivå gitt i kontraktsbetingelsene. Da gjenstår kontrollområder og takttid, som kan bestemmes av den som planlegger fremdriften. Informanten beskriver at likningen kan brukes ”begge veier”, man kan enten bestemme takttiden og regne ut total produksjonstid, eller bestemme total produksjonstid og regne ut takttiden. Ettersom kontrollområder gjerne påvirkes av fysiske forhold har informanten for vane å bestemme kontrollområdene og deretter regne ut takttiden, total produksjonstid er vanligvis gitt av kontrakten med byggherren (se [likning 4.2](#) for omskrevet versjon).

$$(N_{\text{Arbeidsstasjoner}} \cdot t_{\text{takt}}) + (N_{\text{Kontrollområder}} - 1) \cdot t_{\text{takt}} = \text{Total produksjonstid} \quad (4.1)$$

$$t_{\text{takt}} = \frac{\text{Total Produksjonstid}}{N_{\text{Arbeidsstasjoner}} + (N_{\text{Kontrollområder}} - 1)} \quad (4.2)$$

### **Tekniske installasjoner angir kontrollområder**

Videre forklarer informanten at kontrollområdene kan utarbeides på ulike måter for ulike prosjekter. Det er likevel noen overordnede prinsipper som vanligvis brukes. I boligblokker, hoteller og lignende med naturlige skiller mellom enhetene brukes vanligvis disse skillene. Det vil si at et kontrollområde som oftest blir et fast antall leiligheter eller hotellrom. I næringsbygg har informanten erfaring med at det ofte er vanskelig å gjøre samme inndeling uten å skape betydelige utfordringer for de tekniske fagene (rør, elektro og ventilasjon). Det tas derfor ofte utgangspunkt i *spredenett* for tekniske fag når kontrollområder skal utarbeides for næringsbygg. Dette muliggjør i følge informanten, en mer strukturert gjennomføring og testing for de tekniske fagene, som er viktigere enn en jevn størrelse.

Den samme tilnærmingen beskrives av informanten fra Hent. Vedkommende trekker frem at det med store tekniske installasjoner er en stor fordel å kunne teste underveis. De har derfor en prosedyre hvor en arbeidsstasjon med tekniske installasjoner ikke regnes som ferdig med sitt arbeid før det er utført en funksjonstest. For at dette skal la seg gjøre er man avhengig av å dele inn i kontrollområder som legger til rette for at

man kan teste i et område. Informanten påpeker at ved å starte planleggingen av kontrollområder allerede i prosjekteringsfasen kan man prosjektere på en slik måte at det er enklere å oppnå en hensiktsmessig inndeling i kontrollområder.

Statsbygg har etablert begrepet *systematisk ferdigstillelse* (se Holm mfl. (2018) for utfyllende beskrivelse). Informanten fra Statsbygg beskriver at systematisk ferdigstillelse er en prosedyre for å teste tekniske installasjoner så tidlig som mulig i byggeprosessen. Informanten beskriver hvordan man i prosjekter med taktplanlegging har lagt inn tester som egne vogner i planen. På samme måte som informantene fra Hent og Backe legger informantene fra Statsbygg vekt på at kontrollområder må utformes på en slik måte at det er mulig å gjennomføre funksjonstester i et område.

### 4.2.3 Fremdriftsoppfølging

Mange av informantene forklarer at man har en rutine for fremdriftsoppfølging som ligger i bunn uavhengig av planleggingsmetode. De fleste av informantene har tatt utgangspunkt i en variant av LPS (se [delkapittel 3.3.1](#)). Det er vanlig at LPS-systemet er tilpasset bedriften og en norsk kontekst, mange omtaler derfor systemet som *involverende planlegging*<sup>8</sup>. LPS-systemet brukes i hovedsak til økende detaljplanlegging av forestående aktiviteter med en gitt møtestruktur. Dette kulminerer for de fleste i et møte uken før en vogn overtar området, hvor man sjekker av at de 7 forutsetningene for en sunn aktivitet (se [delkapittel 3.1.7](#)) er til stede. Hvordan fremdriften følges opp underveis i en takktid varierer noe, men de fleste baserer seg på hyppige befaringer på byggeplassen. En oppsummering av hvordan fremdriften følges opp av de ulike informantene er vist i [tabell 4.3](#). Videre i kapitlet detaljeres noen av variantene som skiller seg ut fra tradisjonell LPS.

#### Daglige statusoppdateringer

Informanten fra Consto beskriver en struktur for oppfølging underveis som bestod av basemøter, daglig statusoppdateringer (*Daily huddles*) og sporadiske visuelle kontroller på byggeplassen. I de daglige statusoppdateringene møttes basene for å gå gjennom dagen, her var det hovedfokus

---

<sup>8</sup>Begrepet involverende planlegging kan være en kilde til forvirring da mange av entreprenørene omtaler sin tilpassede prosedyre som involverende planlegging. Det kan likevel være forskjeller i hva de ulike entreprenørene legger i begrepet.

Tabell 4.3: Oppfølging av fremdrift.

	<b>Oppfølging av fremdrift</b>
Veidekke	Tett oppfølging av takt med jevnlig befariingsrunder (ute) og fremdriftsmøter (inne) inspirert av LPS.
Hent	”Checkpoint”: befaring med nedstrøms arbeidsstasjon uken før området overtas. Daglige morgenmøter for å gå gjennom HMS og dagens aktiviteter.
Backe	Basert på LPS, hyppig befaringer på byggeplassen.
Betonmast	Møtestruktur basert på LPS, kombinert med oppfølging ute på byggeplassen.
AF Nybygg	Daglige statusmøter kombinert med daglig avstemming av utført arbeid opp mot ukesplan. Inspirert av LPS.
Consto	Hyppige befaringer på byggeplassen kombinert med <i>Daily huddles</i> .
Statsbygg	Oppfølging på byggeplassen vha. BIM-kiosker.”14-10-6-4-1”-møtestruktur, tilpasset variant av LPS.
AF bygg	Befaringer på byggeplassen så ofte som mulig.
Lean Communications	Har egen tavlebasert prosedyre for oppfølging underveis samt ”10-6-3-1”-møtestruktur.

på logistikk. Basmøtene var primærforumet for oppfølging av fremdrift, men her opplevde informanten et visst misforhold mellom det som ble rapportert og det som faktisk var tilfellet. Det ble derfor viktig med hyppige befaringer på byggeplassen fra byggeledelsen.

En tilsvarende struktur beskrives av informanten fra AF-nybygg. På samme måte som Consto har man daglige statusoppdateringer, men informanten fra AF-nybygg beskriver at man i disse statusoppdateringene også sjekker av fremdrift. Man har nemlig en ukesplan med oversikt over daglige aktiviteter som sjekkes av daglig. På den måten beskriver informanten at man raskt fanger opp avvik i fremdrift, og at de ulike arbeidsstasjonene raskt blir ansvarliggjort av nedstrøms arbeidsstasjoner hvis man er på etterskudd. De daglige statusoppdateringene kombineres med visuelle kontroller på byggeplassen, informanten forklarer at man raskt får et bilde av hvilke arbeidsstasjoner som trenger ekstra oppfølging og kontroll.

### **Befaring som eneste oppfølging**

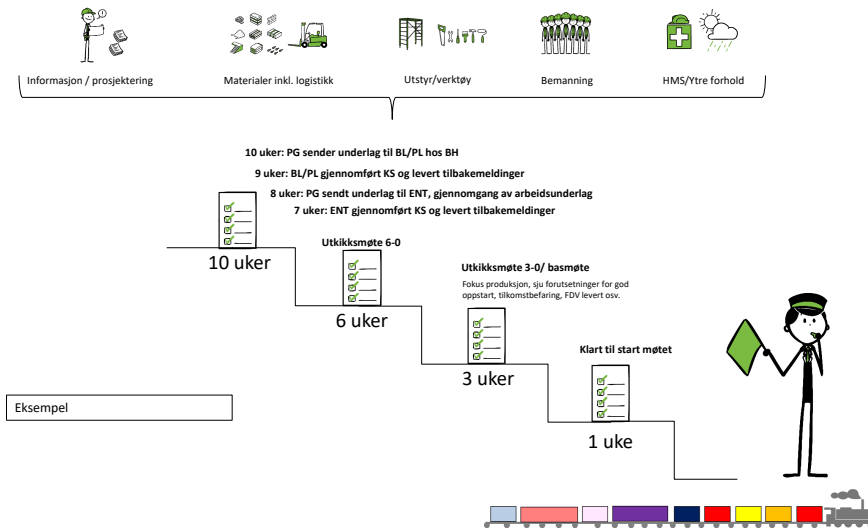
Hyppige befaringer trekkes også frem av informanten fra AF bygg. Informanten forklarer at man kontrollerer fremdrift ved befaringer på bygge-

plassen ”så ofte som mulig”. Det beskrives ikke andre oppfølgingsmetoder. Informanten trekker frem at man ved ansvarliggjøring av underentreprenører (kreve overtid hvis man ikke er ferdig i tide) har incentiver som legger til rette for tilfredstillende fremdrift.

### Tilpasset versjon av LPS

Lean Communications har, i følge informanten, utarbeidet et eget opplegg for fremdriftsoppfølging i taktproduksjon. Det tar utgangspunkt i en tavle som plasseres i hvert kontrollområde, hvor all relevant informasjon skal vises<sup>9</sup>. Lean Communications har utviklet en egen prosess som gjennomføres før takttoget starter. Prosessen er inspirert av LPS og har fått navnet ”10-6-3-1”. Den fungerer som en slags nedtelling og angir når ulike forutsetninger for å gjennomføre aktiviteten skal være på plass. Se illustrasjon av prosessen i figur 4.5.

#### 10 - 6 - 3 - 1 prosessen til togstart



Figur 4.5: Lean Communications struktur for oppfølging (Lean Communications, 2021)

<sup>9</sup>Informanten forklarer at de har levert en del ”light” versjoner av det som presenteres her. Ofte ser ikke kundene behovet for et så omfattende opplegg og velger seg derfor ut noen momenter.

Statsbygg har utarbeidet en tilsvarende struktur, men med noe annerledes møteintervaller, denne strukturen kalles ”14-10-6-4-1”<sup>10</sup>. Prinsippet er det samme som i LPS og i prosessen til Lean Communications. Det er utarbeidet en klar plan for prosessen hvor møtevirkosomhet og moden-hentsnivå på forutsetninger er entydig bestemt på forhånd.

Hent bruker, i følge informanten, et system med såkalt ”checkpoint” uken før et kontrollområde skal overtas. Da går byggeledelsen en befarung i neste kontrollområde i takttoget sammen med arbeidsstasjonen som skal overta området. I checkpointet verifiserer man at de 7 forutsetningene for en sunn aktivitet er til stedet (medfører kontroll av fremdrift for inneværende uke). Samtidig avtales eventuell logistikk og intransport mellom vognene som forlater og tar over kontrollområdet.

#### 4.2.4 Overlevering av kontrollområder

Grensesnittet mellom vognene i takttoget beskrives som sentralt av alle informantene. Når arbeidslagene skal flytte seg videre til neste kontrollområde oppstår det naturlig et grensesnitt mellom oppstrøms og nedstrøms arbeidsstasjoner som må håndteres. Noen informanter har ikke etablert rutine for dette. Eksempelvis beskriver informanten fra Consto at de ikke har erfaring med en fast rutine for overlevering av kontrollområder, men har tatt med seg dette som et viktig læringspunkt for neste prosjekt. De arbeider med et skjema for overlevering som kan inkluderes inn i feltverktøyet Dalux. Informanten fra AF-bygg har heller ingen rutine, fordi ”det går for det meste av seg selv”. Det påpekes av informanten at de drar nytte av egenproduksjon på tømmer, som bidrar til at man har relativt god oversikt over tilstanden på byggeplassen. De informantene som har rutine for håndteringen av grensesnittet kan deles i to kategorier:

1. **Representater fra byggeledelsen deltar:** grensesnittet håndteres relativt formelt hvor oppstrøms fag overleverer kontrollområdet, enten til totalentreprenør eller til nedstrøms fag. Det føres protokoll.
2. **Representater fra byggeledelsen deltar ikke:** Grensesnittet håndteres ved at oppstrøms og nedstrøms vogner møtes og tar en gjennomgang av området.

---

<sup>10</sup>Proessen til Statsbygg har såpass mange likhetstrekk med Lean Communciton og LPS-prosesser at det ikke sees som hensiktmessig å detaljere den i denne oppgaven. Utfyllende beskrivelse finnes i Holm mfl. (2018, s. 40-41)

I tillegg er det enkelte informanter som ikke har hatt det samme fokuset på grensesnittet. Kategori 1 virker å være målet for de fleste informantene, men begrensede ressurser i byggeledelsen har for flere av informantene ført til at det har blitt nedprioritert at totalentreprenører deltar i overleveringen. En av informantene fra Betonmast forklarer at de i starten av prosjektet valgte en "hard linje" med overlevering av kontrollområder torsdag ettermiddag eller fredag morgen. Overleveringen ble i utgangspunktet utført med en representant fra totalentreprenøren til stede. I hotellprosjektet utviklet de en egen app med overleveringssprotokoll som kunne fylles ut direkte på mobiltelefonen. Overleveringen besto da i avsjekk av fremdrift, kvalitetskontroll og kontroll av ryddighet. Ettersom tidspunktet ble lagt til torsdag ettermiddag eller fredag morgen var det tid innenfor takten til å gjøre eventuelle utbedringer før neste vogn.

Informanten fra Veidekke beskriver en tilsvarende overleveringsmodell som Betonmast. Veidekkes modell skiller seg ut ved at også etterfølgende vogn deltar på overleveringen (altså nedstrøms arbeidsstasjon). Både Veidekke og Betonmast forsøkte å trekke ut sine representater i løpet av prosjektet (å delta på overlevering i alle grensesnitt i takttoget krevde naturligvis mye ressurser), og beveget seg dermed over i kategori 2. Begge informantene opplevde at enkelte fag ikke var like tro mot systemet når de ikke ble observert. Det ble derfor utfordringer med at ikke alle arbeidsstasjonene snakket helt sant i egenrapporteringen. Begge informantene beskriver taktproduksjon som *skjørt* for avvik fra planen. Derfor ble usann rapportering en utfordring å løse i begge tilfellene.

AF Nybygg har forsøkt en såkalt *variabel takttid*, blant annet for å legge til rette for at byggeledelsen kan delta på overlevering av kontrollområder. Informanten beskriver et regime hvor det er ulik varighet for de ulike arbeidsstasjonene <sup>11</sup>. Denne varianten gjorde det enklere for byggeledelsen å delta på overlevering, da de naturligvis ikke havnet på samme dag. På samme måte som Betonmast og Veidekke startet prosjektet med at byggeledelsen var med på alt. Etterhvert ble noen grensesnitt nedprioritert og informanten anslår at byggeledelsen deltok på 80% av overleveringene i snitt. Informanten har samme erfaring som Veidekke og Betonmast; når byggeledelsen ikke deltar på overleveringer har det en tendens til å skli ut, og det varierer om egenrapporteringen gjenspeiles i virkeligheten.

---

<sup>11</sup>Man kan argumentere for at denne metoden bør regnes som en lokasjonsbasert planleggingsmetode, uten takt, all den tid det ikke finnes en fast takttid. I konteksten av overlevering mellom vogner, er det likevel interessant å ha med erfaringene med denne modellen.

### 4.2.5 Variabilitet og buffere

Variabilitet og buffere beskrives som en sentral del av ethvert produksjonsstyringsopplegg i litteraturen (se [delkapittel 3.1.8](#)). Som kjent, vil det i alle variable prosesser være en form for bufferbruk, bevist eller ubevisst. Begrepene er ukjente for flere av informantene. For de informantene som ikke var kjent med begrepet ble den ukjente bufferbruken forsøkt identifisert gjennom forklaring av begrepet og samtaler rundt tema. I dette kapittelet beskrives både funn og *ikke-funn* om buffere.

#### **Ser ikke behov for buffere**

De fleste informantene besvarte innledningsvis spørsmålet om buffere med å påpeke at det var ikke nødvendig dersom man planla tilstrekkelig. Ved å ha en godt gjennomarbeidet plan som alle involverte forplikter seg til mener flere av informantene at man ikke er avhengig av særskilte buffere. Man antar at en gjennomarbeidet plan vil være tilstrekkelig under "normale" forutsetninger og uforutsette forsinkelser av feks leveranser er "uansett ikke mulig å planlegge for". Et eksempel som ble brukt var følgende: man kan og bør ta høyde for at det oppstår uforutsette problemer i montering av stikkontakter, men det gir ikke mening å ta høyde for at leveransen av stikkontakter blir forsinket fra produksjonsland.

#### **Helg som tidsbuffer med ukestakt**

De fleste som bruker ukestakt (5 eller 10 dager) begrunner valg av taktid delvis med at helgen kan fungere som en tidsbuffer. Flere informanter trekker frem at det å ha en tidsbuffer i helgen ikke har den samme "kostnaden" i form av oppblåst gjennomføringstid som andre tidsbuffere. Ved å ha helgen tilgjengelig kan man ved behov kreve at arbeidsstasjoner arbeider overtid i helgen for å bli ferdige med planlagt arbeid. En kosekvens av å legge tidsbufferen i helgen er at man også er avhengig av en kapasitetsbuffer for at det skal være mulig å dra nytte av bufferen (man må ha mulighet for overtidarbeid). En av informantene trekker også frem at man ved økende arbeidsinnvandring ser tendenser til at lørdager regnes som arbeidsdager, og dermed ikke gjør seg avhengig av overtid på samme måte.

#### **Kapasitetsbuffer**

Overtidsarbeid og oppbemmaning er den vanligste formen for buffere, alt-

så en form for kapasitetsbuffer. Selve implementeringen varierer, men det vanligste er et relativt ubevvist forhold til kapasitetsbufferen hvor man "ikke blander seg i bemanning så lenge man blir ferdig i tide". Det ligger altså en implisitt forventning om at de ulike arbeidsstasjoene og deres ledere regulerer tilgjengeligheten til og bruken av kapasitetsbufferne selv. Noen av informantene påpeker at man tar spesielle hensyn dersom en leverandør har veldig få ansatte, og dermed mindre muligheter for oppbemanning og overtid.

### **"Off-takt"-områder som inventarbuffer**

Alle informantene beskriver enkeltområder som vanskelig lar seg takte, fordi arbeidet i arealene er fundamentalt forskjellige fra andre områder. For eksempel teknisk rom og parkeringskjeller i et boligprosjekt. Områder som holdes utenfor taktplanen kalles gjerne for "off-takt". Off-taktområdene brukes av enkelte informanter som inventarbuffer. Det vil si at arbeidsoppgaver i disse områdene som ikke er tidssensitive gjøres klare for utføring, slik at eventuelt ledig arbeidskapasitet kan gjennomføre dem ved ledig tid. En del informanter beskriver det som vanskelig å utnytte off-taktområder som inventarbuffer da arbeidsoppgavene som skal utføres er veldig fagspesifikke. For eksempel vil elektro ha mye arbeid i teknisk rom, mens tømrer har omtrent ingenting. En del av informantene velger derfor å organisere off-taktområdene med egne produksjonslinjer separat fra taktplanen for resten av byggeprosjektet. En av informantene begrunner valget av egne produksjonslinjer slik: " Det skyldes at vi hadde lagt mye energi i å utarbeide en plan som var godt *kalibrert* til de ulike vognene, og vi regnet derfor ikke med å få ledig kapasitet underveis".

### **Tidsbuffer før overlevering**

De fleste entreprenørene var opptatt av å ha tilstrekkelig "slakk" mot slutten av planen. Vanligvis i form av en tidsbuffer mellom siste vogn i takttoget og overlevering til byggherre. Denne formen for tidsbuffer beskrives av de fleste informantene som helt nødvendig for å redusere risikoen for forsinket overlevering og dagmulkt <sup>12</sup>. Flere informanter pekte på denne tidsbufferen som problematisk, da det ofte oppstod uenighet mellom totalentreprenør, underentreprenører og byggherre om hvem som egentlig disponerer denne tiden. Tidsbufferen blir ofte problematisk på to fronter. Mellom totalentreprenører og underentreprenører kan det oppstå konflik-

---

<sup>12</sup>De aller fleste norske bygge- anleggskontrakter har en bestemmelse om byggherres rett til å kreve dagmulkt dersom bygget overleveres etter avtalt overleveringstidspunkt.



ter dersom en underentreprenør ikke blir ferdig innenfor sin takktid og samtidig ser tidsbufferen på slutten av takktoget. Da er det ikke uvanlig at underentreprenøren ønsker å forlenge sin tid i kontrollområdet (ved å forskyve takktoget) eller utsette deler av arbeidet til etter takktoget er ferdig. Den andre fronten av konflikten er mellom totalentreprenør og byggherre. Byggherren kan se gjerne at det er satt av ledig tid, og ønsker da å fremskynde overlevering. Byggherren kan ha ulike motivasjoner for å fremskynde overlevering, en av informantene eksemplifiserer med boligprosjekt. I boligprosjekt får byggherren fullt oppgjør for solgte leiligheter ved overtakelse og er interessert i tidligere overtakelse av likviditetsårsaker.

### **Utsettelse av arbeid til etterfølgende vogner**

Noen informanter beskriver et regime hvor man ved behov utsetter arbeid til senere vogner. Denne løsningen fordrer naturligvis at nedstrøms vogner ikke er avhengige av at aktiviteten er fullført, og at det finnes en vogn hvor det er rom for å ta igjen det tapte. Informanten eksemplifiserer med en tømrvogn, hvor man ikke ble ferdig med enkling<sup>13</sup> av vegger. Da ble det prioritert å fullføre de områdene som var kritiske for nedstrøms vogner. Deretter fullførte man gjenstående enkling i neste tømmeravn som opprinnelig kun skulle utføre dobling. En informant beskriver noe tilsvarende, men med egne vogner i takktoget som er satt av til å gjennomføre arbeid som ikke ble fullført i sin takktid, såkalte oppsamlingsvogner.

### **Underlasting av vogner**

En av informantene beskriver en løsning hvor man bruker underlastede vogner i takktoget som inventarbuffer (ledig arbeidsområde). Det eksemplifiseres med at gulvlegger erfaringsmessig har mindre arbeid i et kontrollområde enn takktiden tilsier. For eksempel kan gulvleggeren bruke 30% av takttiden til sine arbeider, da behandles de resterende 70% av takttiden som en inventarbuffer. Det ledige kontrollområde brukes da til andre aktiviteter som har blitt utsatt.

---

<sup>13</sup>Enkling og dobling er vanlige begreper for montering av innervegger. Enkling innebærer å montere bindinsverk og montere veggplater (ofte gips) på en side av veggen. Dobling, eller lukking, innebærer å montere veggplater på den andre siden av veggen.

## 4.2.6 Modenhetsnivå

For å kunne relatere de ulike praksinene til hverandre på en overisktlig måte er det gjennomført en analyse av modenhetsnivået til de ulike praksisene. Informasjonen om dagens praksis som er innhentet fra informantere er vurdert i henhold til de 15 forutsetningene for taktproduksjon (se [delkapittel 3.4.6](#)). Faktoren R10 er ikke vurdert, da det er med eksisterende datagrunnlag ikke er mulig å vurdere hvordan team utvikles over tid. Presentasjonen av modenhetsnivå forstås som en vurdering av praksis slik den er beskrevet i denne oppgaven. Det er *ikke* en komplett vurdering av de ulike selskapene.

Det viser seg å være en del variasjon i hvilke forutsetninger som er til stede, og man kan merke seg at de minst modne praksisene har 2/15 forutsetninger og befinner seg på modenhetsnivå 1: taktplanlegging. Den mest avanserte praksisen har 11/15 forutsetninger og befinner seg dermed mellom nivå 2 og nivå 3 taktplanlegging.

I [tabell 4.4](#) presenteres en vurdering av hvilke av de 15 forutsetningene for taktproduksjon (Lehtovaara, Heinonen mfl., 2020) som synes å være til stede i de ulike praksisene <sup>14</sup> <sup>15</sup>. For å gjøre det mer praktisk for leseren gjentas faktorene i [tabell 3.2](#) på påfølgende side.

---

<sup>14</sup>Det bør spesifiseres at det ikke er spurt eksplisitt om de 15 forutsetningene i intervju-situasjonen. Det er derfor sannsynlig at enkelte forutsetninger er til stede i den aktuelle praksisen, uten at det har fremkommet i intervju.

<sup>15</sup>Det bør også påpekes at det er variasjon i intervjuobjektene roller og dermed at kjenskapen til faktorer på nivå 2 og 3 kan variere.

Tabell 4.4: Vurdering av praksis iht. forutsetninger for modenhetsnivå.

	<i>Veidekke</i>	<i>Hent</i>	<i>Backe</i>	<i>Betonnast</i>	<i>AF Nybygg</i>	<i>Consto</i>	<i>Statsbygg</i>	<i>AF bygg</i>	<i>Lean Com</i>
<b>Nivå 1</b>									
R1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
R2	x	x	x	x	(x)	x	x	(x)	x
R3	x	x	x	x	x	(x)	x		x
<b>Nivå 2</b>									
R4	x	(x)	x	x	(x)		x		x
R5			x	x			(x)		
R6							x		
R7	(x)	(x)	(x)				x		x
R8	x	x	x	x			x		x
R9	x	(x)	(x)	x	(x)		x		x
<b>Nivå 3</b>									
R10	-	-	-	-	-	-	-	-	
R11									
R12	x	x	x				x		
R13			x				x		
R14		x	(x)						
R15		(x)							
									<i>Ikke relevant<sup>a</sup></i>
(x) angir at det er funnet delvis støtte for forutsetningen.									
<sup>a</sup> Lean Communications er et rådgivningselskap, det er derfor ikke relevant å ta stilling til deres bruk av taktproduksjon på organisasjonsnivå.									

### 4.2.7 Oppsummering

I dette kapittelet er de ulike informantenes praksis for taktproduksjon beskrevet. Kapittelet starter med å beskrive hvordan informantene involvere de utførende i planleggingen, det er i hovedsak to varianter: 1) involvere mest og tidligst mulig og 2) Totalentreprenør utarbeider forslag til fremdriftsplan som diskuteres med de andre involverte. Videre beskrives det hvordan kontrollområder og takktid bestemmes i de ulike praksisene. Utgangspunktet for planleggingen varierer for de ulike praksisene, noen prioriterer 5-dagers takt, andre prioriterer mest mulig lik last på alle vogner, mens andre igjen prioriterer kontrollområder som er tilpasset de arbeidende med mest timeverk.

Tabell 3.2: Tre modenhetsnivå for taktproduksjon (Lehtovaara, Heinonen mfl., 2020) (Gjentakelse fra side 54)

<b>Nivå 1 Teknisk taktplanlegging (Prosjektnivå)</b>	
R1	Fremdriftsplanen tilfredstiller kundens krav.
R2	Kontrollområder, takttid og vogner med ressurser er entydig bestemt.
R3	Effektiv visuell styring er ivaretatt.
<b>Nivå 2 Sosial integrasjon og taktkontroll (Prosjekt- og organisasjonsnivå)</b>	
R4	Opplæring og involvering av prosjektdeltakere er ivaretatt.
R5	Logistikkplanlegging er integret og ”taktet” som en del fremdriftsplanen.
R6	Prosjekteringsprosessen er integrert og ”taktet” som en del av fremdriftsplanen.
R7	Det er en gjennomgående situasjonsbevissthet gjennom produksjonsprosessen.
R8	Hindringer løses gjennom kontinuerlig forbedring og samarbeid.
R9	Kvalitetskontroll gjennomføres kontinuerlig og er en del av taktplanen.
<b>Nivå 3 Kontinuerlig forbedring (Organisasjon- og regionnivå)</b>	
R10	Team utformes og utvikles over tid.
R11	Kontraktene med de involverte er integrasjonsbaserte.
R12	Det arbeides systematisk med å minimere sløsing over flere prosjekter.
R13	Logistikk- og materialflyt industrialiseres.
R14	Arbeidstørrelser standardiseres i biblioteker med utgangspunkt i taktplanlegging.
R15	Forbedringsarbeid gjennomføres med utgangspunkt i <i>key performance indexes</i> (KPIer) og en databasert beslutningsstrategi.

Det er mulig å presentere en *gjennomsnittlig praksis* for taktproduksjon, altså det som er mest vanlig. Det mest vanlige er:

- De utførende involveres tidlig i planleggingen og fremdriftsplan utarbeides sammen, ofte ved hjelp av bakoverplanlegging.

- Kontrollområdene er tilpasset naturlige skiller (for eksempel leilighetskiller) og har størrelser på 350 - 500  $m^2$ . Takttiden er på en uke (5 arbeidsdager).
- Fremdrift følges opp med en kombinasjon av befaringer på byggeplassen og en møtestruktur inspirert av LPS.
- Grensesnittet mellom tilstøtende fag håndteres i form av en overleveringsprosess. Formaliteten på prosessen varierer.
- Det er liten bevissthet rundt bufferbruk, det vanligste er tidsbuffere plassert i slutten av planen kombinert med bruk av helg som en kombinert kapasitets- og tidsbuffer.

### 4.3 Erfaring og resultater av taktproduksjon

I dette kapitlet beskrives informantenes erfaringer og resultater med taktproduksjon. Det har vist seg vanskelig å få konkrete tall på resultatene av taktproduksjon og kapitlet består derfor i stor grad av informantenes tanker og opplevelser av hvordan prosjekter med takt har fungert. Ettersom erfaringene varierer, varierer det også hvor mange informanter som har pratet om de ulike effektene. På grunn av et relativt spinkelt grunnlag presenteres det også tilbakemeldinger informantene har fått fra underentreprenører og utførende i egenproduksjonen.

#### 4.3.1 Gjennomføringstid

Teorien om taktproduksjon postulerer at metoden bør gi kortere gjennomføringstid på grunn av at tidsbuffere fjernes (Frandsen, Seppänen mfl., 2015). Dessverre har få av informantene målinger som kan kvantifisere en reduksjon i gjennomføringstid. De kommer likevel med en del perspektiver som beskrives i dette kapitlet. Kortversjonen av perspektivene er vist i [tabell 4.5](#), i det videre detaljeres perspektivene.

Informanten fra Lean Communications beskriver et ekstremtilfelle fra renoveringsprosjekt av et fengsel. Her valgte byggherren å planlegge to like etasjer på ulikt vis. En etasje tradisjonelt (aktivitetsbasert) og en etasje med taktplanlegging. Det ble brukt en takttid på 4 timer (halv arbeids-

Tabell 4.5: Taktproduksjons effekt på gjennomføringstid.

	<b>Gir taktproduksjon kortere gjennomføringstid?</b>
Veidekke	Tidligere masteroppgaver har funnet indikasjoner på det ( se Vatne (2016) og Gardarsson (2019)). Andre sentrale gevinster: forutsigbarhet, kvalitetskontroll underveis, og bedre flyt.
Hent	Tror det, men viktigste er forutsigbarhet og bedre muligheter for å kvalitetssikre underveis.
Backe	Mener kombinasjonen lokasjonsbasert planlegging og fokus på Lean gir mer effektive prosjekter.
Betonmast	Valgte taktplanlegging på grunn av kort gjennomføringstid. Gir veldig god kontroll og forutsigbarhet i prosjektet.
AF Nybygg	Tror det. Har i hvert fall aldri opplevd å ikke nå overleveringstidspunkt med taktplanlegging.
Consto	Tror det. Spesielt fordi aktivitetsbasert planlegging skli ut. Har ikke data til å gjøre beregninger.
Statsbygg	Stort potensiale for økt inntjening, bedre kvalitet og økt produktivitet (Holm mfl., 2018)
AF bygg	Har ikke sammenlikningsgrunnlag. Har opplevd at prosjekter har endret til taktproduksjon underveis på grunn av problemer.
Lean Communications	Ja, mest ekstreme eksempelet reduserte gjennomføringstid med 88%.

dag). Renoveringen med takt ble fullført på 11 dager, mens renoveringen med tradisjonell planlegging brukte 90 dager <sup>16</sup>.

Informanten fra AF-nybygg har ikke målinger på gjennomføringstid i taktplanlegging, men trekker frem at han "aldri har opplevd å ikke bli ferdig innen overleveringstiden med taktplanlegging". Videre trekkes det frem at systematikken i taktplanlegging gjør det enklere å optimalisere sammenhenger mellom aktiviteter, på grunn av dette ville informanten økt gjennomføringstiden med en måned eller to dersom han måtte gi tilbud uten taktplanlegging. Samtidig påpeker informanten at det er vanskelig å sammenlikne når man allerede på tilbudsstadiet har taktplanlegging

<sup>16</sup>Det bør påpekes at fengselsceller har unormalt stor repeterbarhet og derfor er spesielt godt egnet for taktplanlegging. Det bør også nevnes at en takttid på 4 timer øker ressursbruken i planlegging og oppfølging betraktelig.

som en føring for tilbudt gjennomføringstid.

Dette perspektivet beskrives også av informanten fra Lean Communications. Når de skal presentere taktplanlegging til en ny potensiell kunde ”konkurrerer” man gjerne med en overoptimistisk aktivitetsbasert plan. I og med at man svært sjelden har mulighet til å teste to ulike planleggingsmetoder i praksis blir det derfor en teoretisk øvelse hvor det er vanskelig å kompensere for gjennomførbarheten til planen. Informanten mener at for de fleste prosjekter kan det være mulig å sette opp en aktivitetsbasert plan med samme gjennomføringstid. Forskjellen ligger i *gjennomførbarheten*, hvor informanten mener at man med takt har vesentlig større sannsynlighet for å produsere i henhold til planen.

Informanten fra Veidekke trekker frem at taktproduksjon har en prestasjonsfremmende effekt ved at man hele tiden leter etter mulig effektiviserende tiltak. Samtidig vises det til tidligere masteroppgaver om takt i Veidekke. Vatne (2016) beskriver at prosjektdeltakerne mener at taktplanlegging var nødvendig for å bli ferdig i tide. Samtidig har fagarbeidere på akkord oppnådd høye lønninger, men de totale prosjektkostnadene har ikke blitt nevneverdig redusert. Gardarsson (2019) finner at timeverk på tømmer ble vesentlig redusert i et prosjekt.

På samme måte som i et av Veidekkeprosjektene forteller informanten fra Betonmast at en kombinasjon av taktproduksjon og skiftarbeid ble valgt på grunn av kort gjennomføringstid. Informanten uttaler at ”jeg ser at jeg kunne brukt taktplanlegging på andre prosjekter for å spare tid, og ikke minst oppnå kontroll”. Men holder frem at i det aktuelle prosjektet var tidspresset så høyt at man så seg nødt til å treffe ekstraordinære tiltak (skiftarbeid) for å bli ferdig i tide. Informanten trekker, som flere andre informanter, frem at en gunstig effekt er økt kontroll og forutsigbarhet.

Informanten fra Statsbygg er opptatt av helheten i et byggeprosjekt og hvordan Statsbygg har utviklet et stadig mer omfattende rammeverk for LEAN som i sum gir positive gevinster. Han ser potensiale for økt inntjening, bedre kvalitet og økt produktivitet, men er usikker på om kortere gjennomføringstid er det viktigste å fokusere på. Informanten fra Hent trekker også frem bedre kvalitetssikring som den viktigste parameteren og ”sliter med å se hvordan man kan gjennomføre et moderne byggeprosjekt uten taktplanlegging”.

Også informanten fra AF-bygg sitter med et inntrykk av at det er vanskelig å se for seg en alternativ planleggingsmetode. Informanten har brukt

en lokasjonsbasert planleggingsmetode med en form for takktid (uten å kalle det takt) så lenge han kan huske og sliter derfor med å ta stilling til om gjennomføringstiden reduseres. Han påpeker likevel at han har tatt over et prosjekt som hadde store problemer, og hadde planlagt aktivitetsbasert. Et av virkemidlene som ble tatt i bruk for å ”snu skuta” var å gå over til en lokasjonsbasert planleggingsstrategi.

Informanten fra Backe har et litt annet syn på effektene av taktproduksjon. Informanten mener at det er mindre relevant hvilket *verktøy* som brukes, og mer relevant med de overordnede tenkemåtene og målene. I noen prosjekter vil det være gunstigst med taktplanlegging, mens det i andre prosjekter kan være bedre med flytlinjeplanlegging eller line of balance planlegging <sup>17</sup>. Samtidig mener informanten at kombinasjonen med Lean-tenkemåte er spesielt gunstig, særlig fokus på reduksjon av sløsing og kontinuerlig forbedring er viktig. Med kombinasjonen lean og lokasjonsbasert planlegging mener informanten at man kan oppnå høyere effektivitet i byggebransjen.

### 4.3.2 Prøvetog

To av informantene har forsøkt såkalt ”prøvetog” før oppstart av den faktiske taktplanen. Dette innebærer at man tester taktoget i et kontrollert miljø, for oppstart av den faktiske produksjonen.

Informanten av Betonmast brukte prøvetog i et større hotellprosjekt. Her valgte man å sette i gang et kontrollområde før planlagt oppstart av innredningsarbeider, for å teste ut planen i virkeligheten. ”Når vi skal bygge over 800 hotellrom er det dumt hvis planen er helt feil” sier informanten om bakgrunnen for dette. Erfaringene var blandede, man fikk noen nyttige erfaringer, samtidig var det et problem at enkelt vogner ikke tok testarbeidet særlig seriøst, og dermed ble det vanskelig å få et godt helhetsbilde.

Statsbygg opplevde noe av det samme på Kunsthøyskolen i Bergen. Her gjennomførte man et prøvetog utenfor byggeplassen. Taktoget ble testet i en lagerbygning hvor man gjennomførte alle aktivitetene i taktplanen i liten skala i et prøverom (ca. 30m<sup>2</sup> stort kontrollområde). Prøvetog gav nyttige erfaringer på de bygningsmessige arbeidene, mens de tekniske in-

---

<sup>17</sup> Andre former for lokasjonsbasert planlegging. Se Kenley og Seppänen (2010) for mer informasjon



stallasjonene lot seg ikke teste. Informanten uttrykker frustrasjon over dette, da det var nettop funksjonen til de tekniske systemene man var mest opptatt av å teste. Dessverre valgte de tekniske entreprenørene å spare noen kostnader ved å ikke installere systemene helt ferdig. Dermed lot ikke testene seg gjennomføre og man fikk ikke ønsket effekt av prøverommet. Informanten mener likevel at prøverommet gav nyttige erfaringer, og at man bør prioritere å gjennomføre et testtog når man skal bygge nesten 100 000  $m^2$ .

### 4.3.3 Planpålitelighet og effekter på byggeledelsen

De fleste informantene trekker frem *forutsigbarhet* som en stor fordel med taktproduksjon. Samtidig beskriver noen av informantene endringer i hvordan et byggeprosjekt ledes med og uten taktproduksjon. Det er en viss sammenheng mellom forutsigbarhet og effekter på byggeledelsen.

Forutsigbarheten virker i liten grad å være målt og knyttes gjerne til en opplevelse av forutsigbarhet for både total- og underentreprenør. Alle informantene fra totalentreprenører beskriver forutsigbarhet som en essensiell suksessfaktor. Det trekkes frem at en forutsigbar og pålitelig plan gjør at underentreprenører kan gjøre en langsiktig ressursplanlegging. Samtidig gjør forutsigbarheten at totalentreprenørene opplever en større kontroll på prosessen, og mindre ressursbruk på revidering av fremdriftsplaner. I det videre presenteres noen synspunkter fra informantene som beskriver hvordan forutsigbarheten oppleves.

Forutsigbarheten beskrives av informanten fra AF-nybygg på følgende måte: "En taktplan er en taktplan, og den endrer vi ikke på". Dette gjør at underentreprenørene kan planlegge 2-5 måneder frem i tid, og på denne måten få en bedre utnyttelse av egne ressurser. Informanten trekker frem at forutsigbarheten kan fungere som et kompenserende tiltak for underentreprenører som må ta til takke med et suboptimalt fremdriftsopplegg for deres arbeidere. Informanten har noen omtrentlige PPU-målinger:

- PPU har variert fra 50-90% i løpet av prosjektet.
- PPU har i gjennomsnitt vært omkring 80%.
- PPU sank mot slutten av prosjektet.

PPU beskrives av informanten fra Veidekke som lite relevant for taktpro-

duksjon, da man ved en god taktplan i teorien skal ha PPU=100%. Det påpekes likevel at man ved å dele bygget inn i omtrent like kontrollområder gir god forutsigbarhet for underentreprenører. Informanten fra Statsbygg trekker frem forutsigbarheten i taktproduksjon som en stor fordel. Det gir en bedre stemning på byggeplassen og gir muligheter for å produsere mer rasjonelt og effektivt. Informanten mener at denne forutsigbarheten gir et stort gevinstpotensial. Informanten beskriver en ”ekstrem ryddighet” i prosjekter med taktplanlegging, da det er enkelt å ansvarliggjøre de ulike arbeidsstasjonene for rot. Samtidig gjør rutinen med ukentlig overlevering at man må rydde opp etter seg ukentlig.

Informanten fra Consto opplevde at byggeledelsen fikk et mindre oppfølgingsarbeid med taktplanlegging. Dette tilskrives i stor grad ukestaten hvor alle aktiviteter skal være ferdigstilt på fredager, i stedet for aktiviteter som starter og slutter hele tiden. Samtidig fikk også byggeledelsen en gjentakelseeffekt hvor man etterhvert ”lærte seg gangen i planen”. Samtidig blir det enklere å holde byggeplassen ryddig ved at hver arbeidsstasjon har ansvar for ryddighet i ”sitt” område. Dermed slipper man diskusjoner om hvem som er ansvarlig for rot.

Informanten fra AF-nybygg trekker frem at det for byggeledelsen har blitt mye enklere å opprettholde en ryddig byggeplass. Med taktplanlegging er det mye enklere å ansvarliggjøre underentreprenører for rot, og det blir dermed enklere å holde byggeplassen ryddig. Det samme har informantene fra Statsbygg og Hent erfart. Taktplanlegging i grunnarbeidsfasen førte til en svært ryddig byggeplass, faktisk så ryddig at informanten fra Statsbygg mener at ”det må være Norges ryddigste og taktmessig beste gjennomførte byggeplass i en grunnarbeidsfase”, fotografi av byggeplassen omtrent midt i grunnarbeidene er vist i [figur 4.6](#).

Informanten fra Statsbygg trekker frem at ”det er en del uvilje vi må overkomme”. Informanten har en opplevelse av at det har gått trått med utviklingen av taktproduksjon særlig hos rådgiverne. Byggeledelsen i Statsbygg har derfor valgt å stille stadig strengere kvalifikasjonskrav i kontraheringsprosessen. På det første store prosjektet ønsket man seg erfaring med taktproduksjon, mens det på det andre prosjektet var et krav. Informanten opplever at når en stor byggherre som Statsbygg stiller kvalifikasjonskrav til kompetanse på taktproduksjon blir slik kompetanse raskt innhentet eller opparbeidet.



Figur 4.6: Eksempel på ryddig byggeplass i prosjektet Livsvitenskap (Holm, 2021)

#### 4.3.4 Effekter på kvalitet

Kvalitetsstyring som en integrert del av taktproduksjonen beskrives som en av forutsetningene for modenhetsnivå 2 av Lehtovaara, Seppänen mfl. (2020). Noen informanter har forutsetningene for å være på dette nivået på til stede, mens andre ikke har det. I dette kapittelet beskrives informantenes opplevde effekter på kvalitet i prosjekter med taktproduksjon.

Consto har ikke forutsetningene for å integrere kvalitetskontroll i taktproduksjonen til stede, og har heller ikke gjort det. Informanten har likevel en *følelse* av at taktplanlegging som metode gjør kvalitetskontrollen enklere, men har ikke sammenlikningsgrunnlag til å kunne si noe definitivt om det.

Verifikasjonsrutinene har i følge informanten fra AF nybygg endret seg etter at de tok i bruk taktproduksjon. Nå er det mulig å gjennomføre en systematisk og kontinuerlig kvalitetskontroll. Dette har gjort at man har vesentlig færre feil å rette i slutfasen enn det som er vanlig <sup>18</sup>.

<sup>18</sup>Vanligvis øker bemanning i slutfasen, mens informanten har opplevd at bemanning synker i prosjekter med taktproduksjon. Det skyldes sannsynligvis færre feil.

Informanten fra Betonmast trekker frem ryddighet, ro og overlevering av kontrollområder som parametere som gir god kvalitet. Han beskriver kvalitetskontrollen slik:

Du fanger opp kvalitetsavvik tidlig. I stedet for å vente til tømmeren er ferdig med en hel blokk og så gå overlevering [som vi gjerne gjorde før], så går du 14 hotellrom i uka (1 takttid). Da kan man påpeke for eksempel 20 punkter, som tømmeren fikser og så er det klart for maleren på mandagen. Da har du hatt en veldig god kvalitetsjekk.

Statsbygg har, som tidligere beskrevet, integrert kvalitetskontroll i taktplanen gjennom rammeverket *systematisk ferdigstilling*. Men systematisk ferdigstilling er mer enn planlegging av funksjonstester. Det er et omfattende rammeverk for testing og ferdigstilling av tekniske systemer, hvor arbeidet med ferdigstillingen starter allerede på prosjekteringsstadiet med teoretiske tester av systemer (Holm mfl., 2018). Dette rammeverket bidrar, i følge informanten, til at man reduserer andelen feil og oppstartsproblemer på slutten av et byggeprosjekt betraktelig. Rammeverket systematisk ferdigstilling kan i teorien benyttes uavhengig av taktproduksjon, men ved å integrere funksjonstestene i taktoget får man en oversiktlig måte å funksjonsteste kontinuerlig gjennom prosessen.

### 4.3.5 Gjentakelseeffekt

Noen av informantene trekker frem gjentakelseeffekten som sentral, både for effektiviteten til de utførende, men også for selve planverket. De informantene som er opptatt av gjentakelseeffekter har ofte erfaring fra prosjekter med høy grad av repeterbarhet.

Informanten fra Consto bruker et eksempel fra boligprosjekt i flere trinn. Der fikk de ”veldig god fremdrift” på byggetrinn 2, da de i byggetrinn 1 hadde litt for kort byggetid (2 måneder lenger i byggetrinn 2) og en del ”smårusk” i planen. Også informanten fra Hent beskrives at de reviderte planen mellom byggetrinn 1 og 2 på et næringsprosjekt og fikk en bedre plan i byggetrinn 2. En av informantene fra Betonmast beskrives en tilsvarende effekt i et stort hotellprosjekt. Her gikk arbeidet stadig raskere og man bestemte seg derfor for å inkludere flere hotellrom i et kontrollområde på grunn av ledig kapasitet.

Informanten fra Statsbygg beskriver hvordan et takktog gjentas 48 ganger på et prosjektene. Informanten er særlig opptatt av mulighetene for å optimalisere logistikk og materialflyt gjennom iterasjonene, noe som gjerne er en stor utfordring på komplekse byggeplasser.

### **4.3.6 Effektivitetsparadokset**

Noen informanter har trukket frem at man i byggeprosjekter med taktproduksjon ofte må velge mellom å optimalisere operasjonsflyt eller prosessflyt. En av informantene kaller denne avveiningen for effektivitetsparadokset fordi man aldri kan oppnå optimal flyt for både operasjon og prosess.

Informanten fra Statsbygg opplever at entreprenørene ofte er opptatt av jevn bemanning for å oppnå best mulig operasjonsflyt for egne arbeider. Samtidig er det viktigste for byggherren (og prosjektet som helhet) at man har best mulig prosessflyt. Informanten mener det gjelder å finne ”minste felles multiplum”, altså den beste mulige balansen mellom å optimalisere prosess- og operasjonsflyt.

Flere av totalentreprenørene med egenproduksjon beskriver et annet skjæringspunkt som kan relateres til effektivitetsparadokset. Informantene forklarer at det gjerne er slik at noen arbeidsstasjoner må ofre operasjonsflyt (og for eksempel akspetere ujevn bemanning) for at prosessflyten skal være tilfredstillende. For entreprenørene med egenproduksjon prioriterer man ofte operasjonsflyten til ”egne” arbeidsstasjoner over underentreprenørens. En direkte effekt av dette er at takktid og kontrollområder tilpasses med utgangspunkt i egenproduksjonen, se [delkapittel 4.2.2](#). Det kan fort føre til konflikter, og informantene trekker frem viktigheten av en involverende planleggingsprosess for å løse slike konflikter tidlig.

### **4.3.7 Tilbakemelding fra utførende**

Flere av informantene fra totalentreprenørene har fått tilbakemeldinger fra sine underentreprenører på hvordan de opplevde prosjekter med taktproduksjon. Tilbakemeldingene fra utførende presenteres i dette kapitlet, slik de er gjenfortalt av informantene.

Informanten fra Consto har fått tilbakemelding fra de utførende på at

visualiseringen i en taktplan er veldig enkel å skjønne, da man som underentreprenør får "sin" farge og enkelt kan gjenkjenne denne i planen. De utførende var villige til å ta metoden i bruk, da man så nytten av metoden. De trekker særlig frem fordelene med å ha et område for seg selv, da slipper man å gå i veien for hverandre.

Informanten fra AF-nybygg opplever at de fleste underentreprenører begynner å bli kjent med taktplanlegging. De har fått positive tilbakemeldinger på forutsigbarheten i taktplanen. Samtidig opplevde de at enkelte var vanskelige å få med i samhandlingsfasen i starten av planleggingen. Man operer med en standardtekst i kontraktene om at man forplikter seg til å delta i planlegging, men lojaliteten til dette varierer en del. Informanten anslår at omtrent halvparten så verdien av å delta i planleggingsfasen før oppstart, og at de aller fleste så verdien i løpet av planleggingsfasen.

Noe lignende beskrives av en av informantene fra Betonmast. Informanten forventer, og opplevde litt motstand fra noen underentreprenører i starten. Informanten (som har lang erfaring i bransjen), mener det er naturlig å vente seg litt motstand når man innfører nye løsninger, og hadde derfor tatt høyde for dette ved å kontraktsfeste at underentreprenører måtte delta på en kompetanseheving om taktproduksjon i forkant. Gjennom et kursopplegg i regi av Lean Communications opplevde informanten at de fikk bygget et sterkt samhold i gruppa, og at de fleste underentreprenørene satte etter hvert pris på metoden å jobbe på.

Ved senere kontrahering av mindre underentreprenøren ble metoden brukt som en del av prisforhandlingen av informanten. Informanten beskriver at et innsalg med av typen: "her har vi kontroll, og du skal få jobbe i fred for første gang i ditt liv" resulterte i lavere priser enn vanlig. Informanten fra Lean Communications har fått tilbakemelding fra en elektroentreprenør som sparte mange timeverk på et prosjekt med taktproduksjon. Vedkommende fortalte at han alltid regnet med en del timeverk til plunder og heft, og at han dermed sparte mange timeverk når han fikk jobbe i fred i et område.

Informanten fra AF-bygg har fått tilbakemelding fra underentreprenører på at det "er enklere å arbeide på prosjekter med takt". Det påpekes likevel at dette forutsetter at de blir involvert, og opplever at deres meninger blir hørt.

### 4.3.8 Oppsummering

I dette kapitlet er effekter og resultater ved bruk av taktproduksjon beskrevet. Det viser seg at man i liten grad gjennomfører produksjonsmålinger noe som gjør det vanskeligere å beskrive effektene konkret.

De fleste informantene har en opplevelse av at man får kortere gjennomføringstid med taktproduksjon. Det er likevel *forutsigbarheten* med taktproduksjon de fleste trekker frem som den viktigste effekten. De fleste informantene opplever også at de får bedre kvalitetsstyring ved å bruke metoden.

Videre kan gjentakelseeffekt bidra til å effektivisere produksjonen. Både i form av gjentakelseeffekt for de ulike vognene i takttoget, men også gjentakelseeffekter på selve fremdriftsplanen ser ut til å være gunstig. En annen interessant erfaring er effektivitetsparadokset. I taktproduksjon blir avveining mellom prosess- og operasjonsflyt tydelig gjennom prosessen.

## 4.4 Perspektiv på fremtiden

En del av intervjuene har dreid over i diskusjoner om hvordan fremtiden med taktproduksjon ser ut. Noen av informantene har presentert interessante tanker om fremtiden. Disse *vyene* beskrives i dette kapitlet.

Informanten fra Betonmast mener at taktproduksjon har et ”tankesett” som kan være godt å ta med seg både i prosjektering og produksjon. Informanten tror det er lurt å planlegge lokasjonsbasert i de fleste byggeprosjekter, men er ikke sikker på om taktplanlegging passer like godt for prosjekter med stor variasjon. På den andre siden mener informanten fra Hent at man ved å tenke taktproduksjon allerede i prosjekteringsfasen kan prosjektere bygg som er bedre tilpasset planlegging med takt. Informanten tror at bransjen generelt vil fokusere mer på industrialisering generelt, og taktproduksjon spesielt i fremtiden.

Informanten fra AF-nybygg bruker i dag taktproduksjon primært i innredningsarbeider, og mener at metoden er spesielt gunstig i denne fasen. Likevel argumenter han for at måten taktplaner er utformet på gir muligheter for å ”systematisere med en ryddig visuell fremstilling”. Selv om det ikke nødvendigvis er gjennomførbart å planlegge alle arbeider med

en fast takttid har informanten tro på at systematikken i taktproduksjon kan være nyttig. Videre argumenterer informanten for at det bør være mulig å bruke taktproduksjon på de fleste prosjekter, selv om inndeling i kontrollområder er mer utfordrende i andre typer bygg (enn boligblokker). I tillegg peker informanten på manglende programvare som et utviklingspotensiale. I dag bruker AF-nybygg Excel til å utarbeide taktplaner. De har testet forskjellige programvarer, men ikke funnet noen som fungerer godt nok.

Programvare og verktøy beskrives av informanten fra Statsbygg som den store utfordringen. Han mener det må komme gode verktøy for visualisering og digitale avjsekker i fremtiden. Videre tror han taktproduksjon i en eller annen form er kommet for å bli. Han trekker frem at den store forutsigbarheten er vanskelig å oppnå med andre planleggingsmetoder. Han kommer også med en utfordring til entreprenørbransjen om at off-site planlegging <sup>19</sup>.

Også informanten fra Lean Communications tar opp programvare som et forbedringspotensiale. Informanten har brukt en del tid på å teste ulike programvarer som er laget for taktplanlegging, men har ikke funnet noen som er gode nok til å erstatte Excel som planleggingsverktøy <sup>20</sup>. Informanten mener det er et stort potensiale i utviklingen av programvare, særlig i en tidlig planleggingsfase hvor en god programvare vil kunne gjøre det vesentlig enklere å prøve ulike løsninger og se hvordan de påvirker planverket. Den beste programvaren informanten har prøvd er utviklet og eid av entreprenørselskapet Hent og er ikke tilgjengelig på det åpne markedet.

---

<sup>19</sup>Planlegging av arbeid som foregår utenfor byggeplassen som er nødvendig for å oppnå de 7 forutsetningene for en sunn aktivitet.

<sup>20</sup>For den interesserte leser nevner informanten følgende programvarer som aktuelle: Site-drive (se <https://firasmart.com/sitedrive/>) og Intakt (se <https://www.intakt.app>). Det tipses også om Miro (se <https://miro.com>) som et godt verktøy for å drive lappeplanlegging digitalt.



## Diskusjon

---

I dette kapitlet diskuteres resultatene, både relativt til hverandre og opp mot det teoretiske grunnlaget. På samme måte som i resultatkapitlet er diskusjonen strukturert etter forskningsspørsmålene. Kapitlet starter derfor med en diskusjon om utbredelse av taktproduksjon, fortsetter med å diskutere praksis og avslutter med å diskutere effekter av taktproduksjon.

### 5.1 Utbredelse av taktproduksjon i Norge

Overordnet virker taktproduksjon som metode å være relativt godt kjent i bransjen. Det er likevel interessant at metoden tilsynelatende forstås og brukes på ulike måter. I dette kapitlet diskuteres de tre hovedfunnene om utbredelse: bruksområder, forankring i organisasjonen og begrepsbruk.

#### 5.1.1 Bruksområder

De aller fleste informantene trekker frem byggeprosjekter med høy repetibarhet og mange involverte arbeidsstasjoner som best egnet for taktproduksjon. Ofte i form av innredningsarbeider på bolig- og hotellprosjekter. Det er naturlig at man ser på lange produksjonslinjer som skal gjentas mange ganger som best egnet for den industrialiseringen taktproduksjon

innebærer. Man kan tenke seg at den relative gevinsten av å effektivisere en produksjonlinje naturligvis er større dersom denne produksjonslinjen gjentas mange ganger. Samtidig gjør stor repeterbarhet at man i en innkjøringsfase har mulighet til å ”prøve og feile” i implementeringen av metoden.

Dersom vi tar utgangspunkt i et større hotell- eller leilighetsprosjekt har man for det første naturlige kontrollområder (x-antall rom / leiligheter). Samtidig har man, på grunn av mange repetisjoner. Gode muligheter til å optimalisere takt og bemanning underveis i prosessen. En annen årsak til at dette er et naturlig sted å starte er de lange produksjonslinjene, med mange ulike fagområder involvert. Med mange arbeidsstasjoner i produksjonslinjen kan man regne med større variabilitet og flere grensesnitt enn i andre faser. Det er derfor naturlig å tenke seg at potensialet for forbedring er større i innredningsarbeider enn i de fleste andre fasene av et byggeprosjekt.

Samtidig har fire av ti informanter brukt metoden i andre faser av byggeprosessen. Bruksområdene varierer fra grunnarbeid til fasadearbeider. tre av de fire informantene som har tatt i bruk metoden i andre arbeider har et relativt høyt modenhetsnivå på sin rutine for taktproduksjon. Et høyt modenhetsnivå legger til rette for å kunne bruke takt på en hensiktsmessig måte i andre deler av produksjonen ved at man har kompetanse og rutiner for taktproduksjon, slik at man er bedre rustet for å implementere metoden i faser med mindre åpenbare kontrollområder. Samtidig er det interessant med den ene informanten med lavt modenhetsnivå, som forsøkte å takte fasadearbeider. Informantens erfaring med utnyttet potensial tyder på at det kan være fornuftig å opparbeide seg et visst modenhetsnivå for å oppnå forventede effekter av taktproduksjon i andre faser.

På bedriftsnivå kan en slik test av taktproduksjon i andre faser sannsynligvis ha både positive og negative effekter. En åpenbar potensielt negativ effekt av et mislykket forsøk på takt er at man, enten som enkeltperson, eller som selskap, blir ”skremt” fra å planlegge tilsvarende arbeider med takt. Noen informanter virker å ha en holdning om at takt ikke passer for andre arbeider enn innredningsarbeider, og det kan tenkes at denne skepsisen skyldes at kollegaer har negative erfaringer med takting av andre arbeider. Det kan også tenkes at effekten blir helt motsatt og at en suboptimal implementering av takt man tenner et ønske om å videreutvikle metoden. Det er denne holdningen informantene gir inntrykk av å ha, det at vedkommende har oppdaget behovet for videreutvikling, og samtidig

ser potensielle fordeler senere må kunne sies å være en positiv effekt.

Holdninger og sedvane i bransjen virker i noen tilfeller å være en hindringen. Det er interessant å merke seg at den ene informantens forsøk på taktplanlegging av prosjektering mislyktes på grunn av hvordan de prosjekterende organiserte eget arbeid. Rådgviende ingeniører er sannsynligvis ikke vant til at kunder (her totalentreprenør) skal påvirker når deres arbeid utføres, så lenge det utføres innen fristen. Det samme kan tenkes å være tilfelle for eksempelvis graveentreprenører. Det er naturlig å tenke seg at de, som ofte arbeider uten andre fagområder i starten av et prosjekt, er vant til en struktur hvor man får en dato hvor et stykke arbeid skal være ferdig, og deretter organiserer selv. For selskap som vanligvis organiserer arbeidet sitt selv kan man tenke seg at det er vanskelig å akseptere en fremdriftsplan som i større grad detaljstyrer hvilket arbeid som skal gjøres når, særlig med tanke på andre prosjekter i selskapets portefølje. For rågdivere kan man tenke seg at man alltid prosjekterer det arbeidet som er nærmest fristen, da vil det være vanskelig å skulle starte på et prosjekteringsarbeid, som man egentlig hadde planlagt å utføre når fristen nærmet seg. Det samme kan man tenke seg om bemannings-situasjonen hos en graveentreprenør: dersom man prioriterer bemanning på de prosjektene med størst tidspress, og har flere slike prosjekter, er det vanskelig å gå inn i et prosjekt hvor man forplikter seg til en fast ukesproduksjon.

Et annet perspektiv på holdninger er i bransjen, er at det kan eksistere en uvilje mot endring. For Statsbygg, som har tatt i bruk taktplanlegging i grunnarbeider, var inntrykket at bransjen hadde lite tro på å taktplanlegge slike arbeider. Det er noe menneskelig med motstand mot endring, som kanskje best illustreres med den legendariske engelske landslagstreneren Alf Ramseys sitat: "Never change a winning team". Slik kan det nok også være i byggebransjen, hvor man ofte har lang tradisjon for hvordan ting skal gjøres. Selv om man ser stort forbedringspotensiale i bransjen, og det kan diskuteres hvorvidt bransjen kan betrakes som et "winning team", er det naturlig at man på prosjektnivå ikke ser poenget med å endre noe som *virker*. Det fremstår derfor som gunstig for bransjen at det finnes byggherreaktører som kan bidra til utvikling ved å stille krav. Statsbygg er i så måte spesielt, all den tid det er en offentlig byggherre med enorme prosjekter har de både anledning og påvirkningskraft til å drive frem endring i bransjen. I dette tilfellet kan det faktum at Statsbygg har hatt suksess med å taktplanlegge grunnarbeider føre til at terskelen for å bruke takt i grunnarbeid blir lavere for andre aktører i bransjen.

### 5.1.2 Forankring i organisasjon

De fleste informantene gir uttrykk for at man har stor frihet til å gjøre egne valg på prosjektnivå. Samtidig har de fleste selskapene en overordnet strategi og varierende grad av interne veiledere. Hvordan en bedrift velger å forholde seg til eksempelvis taktproduksjon har, slik vi ser i teorien, betydning for modenhetsnivået. Samtidig kan man tenkes seg at det er enklere for en prosjektleder å ta i bruk taktplanlegging hvis bedriften har vedtatt en strategi om å satse på metoden. Det er derfor interessant å se hvordan metoden er forankret i de ulike organisasjonene. Det er også interessant at en del informanter virker å ha en relativt moden praksis for taktproduksjon, selv uten en tydelig forankring i selskapets strategi.

I den ene enden av skalaen finner vi entreprenører hvor det tilsynelatende ikke er noen strategi som tilsier at taktproduksjon skal brukes. Når informantene likevel bruker takt ser det ut til å være av tre ulike grunner:

1. Man har et spesielt prosjekt hvor den vanlige metoden for fremdriftsplanlegging ikke strekker til, og velger derfor å prøve taktplanlegging.
2. De som planlegger fremdrift i prosjektene har tro på taktproduksjon, og velger å ta metoden i bruk.
3. Man har et lite bevisst forhold til ulike metoder for fremdriftsplanlegging og har, delvis ubevisst, endt opp med å bruke en form for taktplanlegging.

Den fremste eksponenten for gruppe 1 er Betonmast. I Betonmast har selskapet en overordnet strategi om å satse på VDC og involverende planlegging. Forståelig nok, har man ikke funnet det hensiktsmessig å inkludere flere verktøy i et allerede relativt omfattende utviklingsarbeid. Likevel valgte den ene informanten å bruke taktplanlegging på et prosjekt med spesielt kort byggetid. Her virker det som at taktplanlegging ble valgt fordi man anså det som helt nødvendig med radikale endringer for å bli ferdig i tide <sup>1</sup>. Taktplanlegging ble i dette tilfellet ikke valgt fordi man anså metoden som overlegen generelt, men fordi man så det teoretiske premisset: å fjerne tidsbuffer gir kortere gjennomføringstid. Det virker

---

<sup>1</sup>Prosjektet hadde blant annet skiftarbeid på grunn av den ekstremt korte byggetiden.

likevel som om erfaringene fra prosjektet var såpass positive at begge informantene er positivt innstilt til å ta med seg metoden videre. Dermed kan det som startet som en nødvendig muligens føre til at taktplanlegging blir en del av verktøykassen i selskapet.

I gruppe 2 finner man en del informanter. De fleste virker å ha til felles at selskapet har vedtatt en overodnet strategi om å satse på effektivisering av byggeprosessen. Ofte er den overodnede strategien knyttet til Lean-tenkemåter og en variant av LPS. Denne gruppen anser taktplanlegging som et planleggingsverktøy som kan bidra til å oppnå de overodnede målene, samtidig som det har noen hyggelige sideeffekter. Det virker å være en ulempe at man i liten grad har de organisatoriske forholdene på plass, og at for eksempel logistikk- og materialflyt samt opplæring av de involverte er fraværende.

I den tredje gruppen er informanten fra AF-bygg det fremste eksempelet. Det ser ut til at man i AF-bygg i lengre tid har planlagt lokasjonsbasert i særlig boligprosjekter. Etter hvert vokste det naturlig frem en struktur med en tilnærmet fast takttid. Informanter har ikke noe særlig forhold til det teoretiske grunnlaget for taktproduksjon, og er heller ikke så opptatt av det. Det er spesielt interessant at man tilsynelatende uavhengig av den stadig økende forskningslitteraturen om takt, ser ut til å ha utviklet en tilsvarende metode naturlig. En mulig forklaring på dette kan være at boligprosjekter har naturlige kontrollområder og høy repeterbarhet. Ved å planlegge lokasjonsbasert i slike prosjekter, er det sannsynlig at man over tid ser at tidsbruken per leilighet er omtrent lik, og dermed at man begynner å tilpasse arbeidet til en viss varighet. En annen forklaring kan være at noen i selskapet har kjenskap til taktproduksjon som ikke informanten kjenner til, og at ideen om takt stammer fra dem. Uansett fremstår varianten i AF-bygg som en slags "organisk takt" som har vokst frem uten noen form for strategisk styring fra organisasjonen for øvrig.

I den andre enden av skalaen finner vi de selskapene som har en viss strategi for taktproduksjon. Det er en del variasjon og overlapp i strategiene. Man kan for eksempel se på Statsbygg og Veidekke som overodnet satser på kontinuerlig forbedring. Her sees i utgangspunktet taktproduksjon som et verktøy for å oppnå det overodnede målet, samtidig som man har fokus på at verktøyet må foredles. Gjennom organisasjonens overodnede fokus virker det å springe ut ulike initiativ for utvikling av metoden, med støtte fra organisasjonen. Dette ser ut til å resultere i ulike internopplæringstiltak og veileder. Også Hent har en felles veileder for taktproduksjon. De informantene som i større i grad har forankret taktproduksjon

i organisasjonen virker å dra nytte av ulike veiledere og mulighetene for erfaringsdeling. Det kommer også til syne i modenhetsnivået på taktproduksjon. Da man sannsynligvis har bedre muligheter for å utvikle de organisatoriske delene av taktproduksjon i et selskap som anerkjenner metoden som et verktøy for å oppnå overordnede strategiske målsetninger.

Avslutningsvis er det interessant at rådgivningsselskapet Lean Communications har skreddersydd opplæringsopplegg for prosjekter. Det kan tolkes som et uttrykk for at normalen i bransjen er at taktproduksjon er noe man implementerer på prosjektnivå. På den andre siden kan det også tolkes som et uttrykk for at man er avhengig av å drive kontinuerlig opplæring for prosjektdeltakerne. Selv om totalentreprenøren satser på metoden, vil sannsynligvis de andre prosjektdeltakerne variere.

### 5.1.3 Begrepsbruk

En tilbakevendende utfordring i arbeidet med denne masteroppgaven har vært ulik forståelse av begreper. Det viser seg at man mangler gode entydige definisjoner av en rekke sentrale begreper i taktproduksjon, og at bedrifter derfor har utarbeidet egne definisjoner etter behov. I resultatkapittelet presenteres de begrepene som oftes skapte forvirring. I dette kapittelet diskuteres de ulike definisjonene.

#### Takt og taktplanlegging

Det faktum at begrepet "takt" forstås som varighet av en del informanter kan ha bidratt til mye av den overordnede forvirringen omkring taktplanlegging. Takt er nemlig definert som "enhet for rytme", og det er også slik det meste av litteraturen om taktproduksjon bruker begrepet: et ord som angir rytmen i produksjonen. Ved å bruke takt synonymt med varighet går man glipp av hele rytmeperspektivet, og mister dermed forholdet til den faste takttiden som skiller taktplanlegging fra andre lokasjonsbaserte planleggingsmetoder. Denne misforståelsen av begrepet takt kan forklare en del kuriøse misforståelser, hvor informantene i denne oppgaven, og andre bransjefolk for den saks skyld, omtaler alle lokasjonsbaserte planleggingsmetoder som taktplanlegging. En av informantene spørker med at enkelte taktplaner har takt "som i belgisk folkemusikk"<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Musikktradisjon med hyppige taktskifter i løpet av en låt. Informanten tipser om eksempellåt for spesielt interesserte: <https://open.spotify.com/track/1eTmYYDtzhDKxIqXEfjV?si=7ae70489a7ab42ca>

### **Kontrollområder**

Begrepet kontrollområder er det begrepet som har hatt flest synonymer i løpet av arbeidet med denne masteroppgaven. Tilnærmet alle informantene hadde ulike ord for å beskrive det samme fenomenet: kontrollområder. Det kan diskuteres om kontrollområder er det beste norske begrepet, man kan for eksempel for at kontrollområder impliserer en relasjon til produksjonskontroll, en relasjon som ikke er gjeldende for alle praksisene for takt. Man kan også argumentere for at begrepet taktområde tydeligere angir relasjonen til taktplanlegging, samtidig mister man med dette begrepet helt relasjonen til produksjonskontroll. Produksjonskontroll som en del av taktproduksjonen er sentralt på høyere modenhetsnivå, og jeg mener derfor det er dumt å miste dette perspektivet helt av synet. Samtidig viser det seg i ettertid av intervjuene at begrepet taktområde virker å være det mest universelt forståtte. Begrepet taktområde forstås likt av de fleste informantene, selv om flere oppgir å bruke andre begreper.

En ulempe med både ”kontrollområde” og ”taktområde” er at informanten fra Lean Communications i et uttalt forsøk på å ”rydde i begrepsbruken i Norge” definerer dem på to ulike måter. Definisjonene til informanten har flere begreper for områdeinndeling enn de fleste informantene. Begrepsbruken til Lean Communications minner om det vi finner i tysk takt i litteraturen, og er således ikke ubegrunnede. Likevel skaper det unødvendig forvirring å bruke to ord (kontrollområde og taktområde) som av de fleste informantene forstås som synonymer til å beskrive ulike ting. Det er også et spørsmål om man trenger så mye som tre begreper for å beskrive ulike grader av områdeinndeling. Begrepet ”minste felles multiplum” virker nødvendig for å forstå timeverkkalkulasjonen til Lean Communications, men er strengt tatt ikke nødvendig for å forstå konseptet taktplanlegging. Forskjellen på taktområde og kontrollområde er i meste fall en nyanse, og i minste fall er de synonyme. For å oppnå en mest mulig omforent forståelse av kontrollområder i bransjen, mener jeg at detaljeringen til Lean communications er for detaljert og bidrar kontraproduktivt. Dersom en stor rådgiverer innenfor produksjonsteori først skal rydde i begrepsforståelsen, bør begrepene i større grad relateres til den faktiske forståelsen i bransjen.

Det kan tenkes at det ville vært en fordel om man brukte et av de mange bransjeforumene <sup>3</sup> til å bli enige om en omforent begrepsbruk. Særlig med tanke på underentreprenører og byggherrer som forholder seg til ulike totalentreprenører vil en omforent begrepsbruk kunne bidra til å unngå

<sup>3</sup>For eksempel Lean Construction Norge.

en rekke misforståelser. Det kan muligens også bidra til å stagge noe av frustrasjonen den ene informanten gav uttrykk for. Det virker fornuftig å basere begrepsbruken på etablerte begreper og unngå at erfarne bransjepersoner føler seg fremmedgjort fordi de ikke har oversikt over avanserte definisjoner og nyanser. Et generelt fokus på forståelig begrepsbruk kan muligens også gjøre at man unngår å skape et inntrykk av at nye metoder egentlig bare er gamle ideer i ny innpakning. Det vil sannsynligvis være gunstigere for bransjen om man kan dra nytte av erfaringen til rutinernte personer, i stedet for å irritere dem.

#### 5.1.4 Et matematisk perspektiv på begrepsbruk

Det har blitt identifisert flere varianter av samme likning for å bestemme takttiden i et prosjekt. Ved å se på likningene kan vi få et matematisk perspektiv på hvordan ulike begreper fører til at flere miljøer bruker ressurser på å komme frem til samme resultat. En variant finner vi fra informanten fra Backe (se [likning 4.2](#)). Denne formelen, som i følge informanten er egenutviklet, er lik formelen som presenter av Binninger, Dlouhy, Müller mfl. (2018)<sup>4</sup> og kan spores helt tilbake til 1960-tallet (se [likning 3.6](#)). Samtidig minner begge disse formlene om formelen som foreslås av Heinonen og Seppänen (2016).

$$t_{takt} = \frac{\text{Total Produksjonstid}}{N_{\text{Arbeidsstasjoner}} + (N_{\text{Kontrollområder}} - 1)} \quad (\text{Gjentakelse av } 4.2)$$

$$\text{Prosjektets varighet} = (N_{\text{Kontrollområder}} + N_{\text{Arbeidsstasjoner}} - 1) \cdot t_{takt} \quad (\text{Gjentakelse av } 3.6)$$

Formelen til Heinonen og Seppänen (2016) ([likning 3.5](#)) skiller seg hovedsaklig fra de andre ved at den ikke tar hensyn til arbeidsstasjoner direkte.

$$t_{takt} = \frac{(\text{Prosjektets varighet} \cdot \text{Daglig arbeidstid}) - \text{Syklustid}}{(N_{\text{Kontrollområder}} - 1)} \quad (\text{Gjentakelse av } 3.5)$$

Likevel kan [likning 3.5](#) skrives om til en ekvivalent av [likning 4.2](#) og [likning 3.6](#) ved følgende definisjoner:

<sup>4</sup>Forutsatt at man regner total produksjonstid og Prosjektets varighet som det samme.



$$\begin{aligned} \text{Syklustid} &= t_{\text{takt}} \cdot N_{\text{Arbeidsstasjoner}} \\ \text{Total Produksjonstid} &= \text{Prosjektets varighet} \cdot \text{Daglig arbeidstid} \end{aligned}$$

Som gir:

$$\begin{aligned} t_{\text{takt}} &= \frac{\text{Total produksjonstid} - t_{\text{takt}} \cdot N_{\text{Arbeidsstasjoner}}}{(N_{\text{Kontrollområder}} - 1)} \\ \Rightarrow t_{\text{takt}} &= \frac{\text{Total Produksjonstid}}{N_{\text{Arbeidsstasjoner}} + (N_{\text{Kontrollområder}} - 1)} \end{aligned}$$

Dette eksempelet illustrer tre ting. *For det første* at formelen for å beregne takttid ikke er en revolusjonerende oppdagelse. Det er foreslått en tilsvarende formel helt tilbake på 1960-tallet. Det er forståelig at formelen er publisert for lenge siden, den er ikke avansert og illustrerer egentlig en sammenheng mellom tidsbruk og nedbrytning av arbeid som er intuitiv for de fleste.

*For det andre* viser eksempelet at det er vanskelig å ha oversikt over tilgjengelig litteratur. Heinonen og Seppänen (2016) viser ikke til formelen fra 60-tallet i sin publikasjon, og informanten fra Backe mener å ha utarbeidet formelen selv. Det fremstår som en ulempe for både produksjonsteorien generelt og taktproduksjon spesielt at både forskermiljøer og industrien som forhåpentligvis skal dra nytte av forskningen ikke får oversikt over tidligere arbeid.

*For det tredje* viser eksempelet at hvilke begreper man bruker spiller en rolle. Ved første øyekast ser ikke [likning 3.5](#) og [likning 4.2](#) spesielt like ut, og man er avhengig av definisjonen av syklustid for å se likheten. Syklustid er heller ikke entydig definert, men avhengig av konteksten. Alle de ulike definisjonene gjør det vanskelig for en interessert bedrift å ta i bruk metoden uten å gjennomføre et relativt omfattende litteratursøk innenfor både produksjonsteori og litteratur om takt først. Dermed oppstår det en høy terskel for at eksempelvis entreprenører kan dra nytte av forskningslitteraturen direkte. Det igjen, skaper behovet for rådgivningsselskaper som kan rådgi entreprenørene om metoder presentert i forskningen, og som kan lage egne definisjoner av begreper. Alt dette gjør at man i Norge ser ut til å ha forskjellige forståelser av de samme begrepene. Det gjør det

vanskelig å drive med en hensiktsmessig erfaringsutveksling, og kan således bidra til en suboptimal utvikling av taktproduksjon i byggebransjen som helhet.

## 5.2 Praksis for taktproduksjon

Praksisen for taktproduksjon i Norge varierer tilsynelatende en del, men har likevel mange likhetstrekk. Generelt er det naturlig i et lite land som Norge at bransjen lærer av hverandre og har en del like elementer. Taktproduksjon er også et tema som diskuteres en del i ulike Lean-forum (for eksempel Lean Construction Norge) her er det en grunntanke at man skal utveksle mest mulige informasjon. Det ser man tydelig spor av i form av at flere av praksisene er relativt like. Likevel er det en del mindre forskjeller i hvordan taktproduksjon implementeres. Det er også noen praksiser som skiller seg ut fra majoriteten. I dette kapitlet diskuteres de ulike perspektivene som kommer frem i resultatkapitlet.

### 5.2.1 Involvering

Involvering i planleggingsprosessen har av alle informantene blitt trukket frem flere ganger i løpet av intervjuet. Overordnet virket involvering å være det tema som informantene var mest opptatt av. Det i seg selv er interessant, da involvering kun er en sentral del i amerikansk takt. I tysk takt, som enkelte av informantene opplyser å være inspirert av, er involvering ikke en del av praksisen. Det virker likevel som om alle informantene i Norge finner en verdi i involvering, særlig i involvering av underentreprenører. Likevel er det ulike tilnærminger, i resultatkapitlet deles perspektivene på involvering i to leire (Gjentakelse av resultat, se [delkapittel 4.2.1](#)):

1. Utførende involveres i hele planleggingsprosessen, fremdriftsplanlegging foregår i fellesskap. Ofte inspirert av LPS.
2. Totalentreprenøren utarbeider forslag til fremdriftsplan som deretter diskuteres og tilpasse i samarbeid med utførende.

### Utarbeidelse av fremdriftsplan i fellesskap

I den første gruppen foregår det ofte fremdriftsplanleggingen i fellesskap med såkalt bakoverplanlegging. Bakoverplanlegging er et verktøy som ofte forbindes med LPS. Det gir mening at mange er opptatt av dette all den tid LPS er blitt en viktig del av strategien til mange totalentreprenører. Det er interessant at mange mener å bruke LPS med en egen *vri*, likevel fremstår mesteparten av variantene av LPS som relativt like. Det finnes sannsynligvis mindre forskjeller, men forskjeller i bruken av LPS er ikke tema for denne oppgaven og er derfor ikke ytterligere belyst.

Overodnet virker de som er opptatt av involvering gjennom hele prosessen å bruke vesentlig mer tid på å utarbeide en fremdriftsplan enn den andre gruppen. Det er naturlig, da man ved å bakoverplanlegge i fellesskap naturligvis trenger mer tid enn om totalentreprenøren planlegger alene. For at den ekstra tidsbruken skal være økonomisk fornuftig er man da avhengig av å "få noe igjen" i form av bedre fremdriftsplaner eller bedre kultur på byggeplassen. Informantene mener tilsynelatende at det lønner seg med involvering, men på hvilken måte er mer uklart.

Fokuset på kulturbygging er en komponent av involvering som særlig Veidekke er opptatt av. Her forfektes det at man gjennom en grundig involveringsprosess bygger et godt samarbeidsklima og skaper eierskap til planen. Det er dessverre vanskelig å måle både kvaliteten på slik kultur og effekter av den. Man kan også tenke seg at det vil være vanskelig å gjøre tøffe prioriteringer i planleggingsmøter når man samtidig skal bygge en samarbeidskultur. Det vil, som tidligere beskrevet, kunne oppstå situasjoner hvor man må velge mellom prosessflyt for en arbeidsstasjon og operasjonsflyt for prosjektet. Det kan da tenkes at det er vanskelig å gi en arbeidsstasjon svært dårlig prosessflyt og samtidig bygge den gode kulturen. I en slik situasjon kan det tenkes at man aksepterer dårligere operasjonsflyt, og dermed ofrer noe effektivitet på prosjektnivå for å bygge kultur. I slike situasjoner vil det være tilnærmet umulig å kvantifisere effekten av samarbeidskultur sammenliknet med tapt operasjonsflyt.

Et tilsvarende problem som kan oppstå er prioriteringer mellom ulike arbeidsstasjoner eller fagområder. I en del tilfeller vil det være umulig å gi alle arbeidsstasjoner like god prosessflyt. Da kan man være nødt til å redusere prosessflyt for enkelte fagområder. Det vil i utgangspunktet være fornuftig, på prosjektnivå, å prioritere de arbeidsstasjonene med flest timeverk. I boligprosjekter er det ofte tømmer. Ved å involvere alle de utførende kan man tenke seg at personlige forhold i gruppen påvirker disse avgjørelsene til å bli suboptimale. Dette erfarte Betonmast i en

planleggingsprosess hvor en underentreprenør med få timeverk klarte å styre prosessen til å bli best mulig for egne arbeider, på bekostning av den overodnede operasjonsflyten og prosessflyten til flere større underentreprenører.

Det kan tenkes at man lettere kunne unngått slike situasjoner dersom representanter fra totalentreprenøren kunne fremdriftsplanlegge alene, uten å måtte se de nedprioriterte fagene i øyene. På den andre siden kan man argumentere for at nettopp det å se hverandre i øyene er gunstig for å opparbeide forståelse for hvorfor man blir nedprioritert og er med på å bygge eierskap til planen. En siste utfordring i denne sammenhengen er at flere av totalentreprenørene har egenproduksjon på tømmer. Det kan tenkes at man i slike avveinings situasjoner har vanskelig for å *favorisere* egne arbeider, uten å bli beskylt for forskjellsbehandling av de andre i planleggingsgruppen.

### **Totalentreprenør utarbeider fremdriftsplan**

I den andre gruppen minner tilnærmingen mer om det man finner i tysk takt. Totalentreprenøren utarbeider forslag på egenhånd og kan argumentere for at både total- og underentreprenører sparer mye tid på å gjøre grovarbeidet i en planleggingsprosess. Argumentet er at resultatet blir omtrent like bra ved å kun involvere de utførende i en slags kvalitetssikringsrunde på slutten av planleggingsprosessen. Fordelen med dette er at man unngår en del av de potensielle problemene som den første leiren har: man kan enklere gjøre tøffe prioriteringer, det blir mindre fare for at enkelte aktører kupper prosessen og man sparer mye tid. En stor innvendig er at man også går glipp av muligheten for å bygge kultur og eierskap til planen.

Tilhengere av denne måten å involvere på vil kunne argumentere for at man ved å involvere de utførende i en kvalitetssikring og deretter be om signatur på godkjent plan fra alle sikrer en forpliktelse til planen. Det høres rimelig ut i et formelt juridisk perspektiv, men det er likevel vanskelig å vite om hvor godt planen egentlig er forankret hos de utførende. Selv om man kan ha det juridiske på sin side ønsker de færreste å havne i konflikt med underentreprenører på jevnlig basis.

Et annet argument mot denne varianten av involvering er at man potensielt går glipp av gode løsninger som man kunne tenkt ut sammen. Verdien av slike løsninger, og hvor ofte de forekommer lar seg ikke kvantifisere, og man kan derfor argumentere både for og mot. Det som derimot frem-

står som ganske klart, er at man som totalentreprenør er mer avhengig av egen kompetanse på fremdriftsplanlegging. Det kan derfor tenkes at de som velger å planlegge med mindre involvering i større grad må ha egen kompetanse på fremdriftsplanlegging av de ulike fagområdene.

I denne sammenhengen er det interessant å trekke inn Hent, som opplever å ha hatt god suksess med å også involvere de prosjekterende i fremdriftsplanleggingen. Argumentet er at de prosjekterende kjenner muligheter og begrensninger i prosjektet godt, og dermed kan bidra med smarte løsninger i planleggingen. Å involvere de prosjekterende i tillegg blir på mange måter ytterpunktet av gruppe 1. Det faktum at man har valgt å gjøre det kan tyde på at gruppe 2 går glipp av en del uforløst potensial med sin planleggingsmetode. Et motargument mot dette er at man i mange prosjekter er ganske låst, og det er slett ikke sikkert at de prosjekterende kan identifisere muligheter i fremdriftsplanleggingen. Da risikerer man å betale dyrt for å involvere noen som har lite å bidra med og egentlig bare blir et uromoment i planleggingsgruppen. Det er naturlig å tenke seg at verdien av prosjekterende i fremdriftsplanleggingen er avhengig av kompleksiteten til bygget.

## 5.2.2 Kontrollområder og takttid

Når det gjelder størrelser på kontrollområder og valg av takttid er det tydelig at mange i norsk byggebransje foretrekker takttider som går opp i hele uker. Det kan sannsynligvis tilskrives manglende bevissthet rundt buffere, og dermed en overvurdering av fordelene med helgen som en slags "gratis" tidsbuffer. Noe av grunnen kan også være at man lærer av hverandre. Byggebransjen i Norge er som kjent relativt liten, og man har flere forum for å lære av hverandre. Undertegnede har selv deltatt på et webinar med Veidekke hvor man får et relativt godt inntrykk av deres typiske inndeling i kontrollområder, og valg av takttid. Det kan derfor tenkes at noe av årsaken til at man velger relativt lik takttid skyldes at man har blitt inspirert av andre.

Den mest interessante observasjonene om kontrollområder og takttid er *utgangspunktet* for planleggingen. Det finnes en del ulike utgangspunkt for planleggingen:

**Planlegger med utgangspunkt i ukesinnsats**

En del informanter planlegger kontrollområder med utgangspunkt i at det skal gå opp i en ukesinnsats, altså med takttid bestemt på forhånd. Som tidligere nevnt er det relativt mange som er opptatt av å planlegge prosjekter med takt på en uke. Det kan argumenteres for at relativt lik takttid er en fordel for bransjen som helhet. Ved at mange av praksisene er relativt like blir det sannsynligvis enklere for underentreprenører som arbeider for flere ulike totalentreprenører å bli godt kjent med opplegget. For disse underentreprenørene kan man også tenke seg at de etterhvert utvikler standardiserte arbeidspakker for egne arbeider. Med en slik standardisering vil det sannsynligvis være mulig for underentreprenører å gi mer korrekte (og forhåpentligvis lavere) pristilbud til prosjekter med taktproduksjon

I denne sammenhengen er det også interessant at det varierer hvilke andre perspektiver man tar med i planleggingen (utenom å planlegge med utgangspunkt i ukesinnsats). En del informanter er opptatt av å ha naturlige kontrollområder, altså et tydelig fysisk skille mellom kontrollområdene. For bolig og hotellprosjekter vil det ofte være x-antall rom. En slik tilnærming gjør sannsynligvis hele prosessen mer oversiktlig, og vil gjøre det mye enklere å orientere seg ute på byggeplassen.

På den andre siden kan man risikere suboptimalisering. Med en taktplan med fast takttid og kontrollområder som må være x-antall leiligheter skaper man relativt rigide føringer og risikerer at en del fag får en lite gunstig operasjonsflyt. Andre trekker frem tekniske fag som det sentrale å kombinere med takttid. Rasjonalet er at man ved å planlegge kontrollområder som gjør det mulig å funksjonsteste underveis får en grundigere kvalitetskontroll og sannsynligvis luker ut en del feil før ferdigstillelsesfasen. Det er naturlig å tenke seg at ulempen med en slik inndeling er at man enten må akseptere unaturlige skiller mellom kontrollområder, eller at områdeinndelingen må etableres tidlig nok til at man kan prosjektere løsningene til å passe med kontrollområdene.

Hvilket av disse perspektivene som er det mest fornuftige vil sannsynligvis variere med prosjekt. For prosjekter med overvekt av bygningsmessige arbeider, som feks leiligheter og hoteller, vil sannsynligvis inndeling i naturlige kontrollområder være mest fornuftig. Det er relativt lite tekniske systemer som går på tvers av leiligheter og samtidig er kritiske å teste tidlig. I næringsprosjekter med en vesentlig teknisk installasjon og mindre bygningsmessige arbeider vil det sannsynligvis være mer hensiktsmessig å ta utgangspunkt i det. I eksempelvis et kontorbygg har man sannsyn-

ligvis store åpne områder som er vanskelig å dele inn i *naturlige* områder, samtidig som man kan ha en vesentlig teknisk installasjon. I slike tilfeller fremstår det som fornuftig å dele kontrollområder etter spredenett for tekniske fag.

### **Tømmer er styrende for takttid**

Det er interessant å merke seg at to aktører med egenproduksjon på tømmer planlegger ved å la tømmer være styrende for planleggingen. Man kan tenke seg at dette skyldes et ønske om å legge til rette for best mulig operasjonsflyt for egne arbeider. Det er mulig å argumentere for at taktproduksjon først og fremst tilgodekommer de utførende, mens implementeringskostnaden i stor grad ligger på totalentreprenøren. Totalentreprenøren, som sannsynligvis har en kontrakt med underentreprenør med fast kontraktssum vil ikke direkte nyte godt av en mer rasjonell drift (bedre operasjonsflyt) for en underentreprenør <sup>5</sup>.

Ved å legge til rette for en best mulig operasjonsflyt for egne arbeider kan man tenke seg at totalentreprenøren får en større gevinst av taktproduksjon enn de ellers ville fått. Et annet perspektiv på dette er at tømmerentreprisen, særlig i boligprosjekter, ofte er en stor og komplisert entreprise. Det er ikke uvanlig at tømmerentreprisen har flest timeverk. Man kan derfor også argumentere for at det å prioritere tømmer i taktplanleggingen ikke nødvendigvis er et kynisk forsøk på å hente mest mulig gevinst for eget selskap, men at en slik prioritering er det som gir best prosessflyt for prosjektet som helhet. Det kan også tenkes at motivasjonen er en kombinasjon av disse to faktorene, uansett vil det være fornuftig for totalentreprenører som prioriterer fag med egenproduksjon å ha et bevisst forhold til hvordan dette kommuniseres til de andre fagene.

### **Beregner timeverk**

Informanten fra Lean Communications beskriver at man i deres praksis beregner timeverk på et detaljert nivå og deretter leter etter beste mulige kombinasjon av kontrollområder og takttid (men at man ofte foretrekker 5 eller 10 dagers takt). Man kan tenke seg at en slik tilnærming vil gjøre at man kan iterere seg frem til et planverk som gir gunstigere operasjonsflyt for flere arbeidsstasjoner enn ved de andre mer rigide tilnærmingene.

<sup>5</sup>Det kan og bør drøftes at man som totalentreprenør oppnår andre fordeler, og sannsynligvis kan bruke taktproduksjon som forhandlingspunkt i fremtidige prosjekter. Perspektivene drøftes i [delkapittel 5.3](#)

Samtidig er metoden vesentlig mer ressurskrevende, både ved at man krever detaljerte timeverkberegninger fra alle involverte, men også at man legger opp til en iterasjonsfase hvor få eller ingen parameter er bestemt på forhånd. Et naturlig spørsmål til denne metoden er når man skal si at planene er ferdig. Det kan sannsynligvis alltid argumenteres for at man ved noen flere iterasjoner finner en marginalt bedre plan.

### 5.2.3 Fremdriftsoppfølging

Hvordan fremdriften følges opp underveis i et byggeprosjekt blir trukket frem av alle informantene som en viktig suksessfaktor. De aller fleste baserer seg på en tilpasset variant av LPS kombinert med ulike spesielle tiltak for taktproduksjon.

Bruken av LPS er i seg selv interessant, selv om implementeringen av LPS ikke er tema for denne oppgaven virker det å være en sentral del av hvordan man forholder seg til fremdriftsoppfølging også i prosjekter med takt. Det er interessant at de fleste entreprenørene har tatt i bruk og tilpasset denne metoden til egen organisasjon. Akkurat hvilke tilpasninger som er gjort kommer ikke klart frem, og det virker i en del tilfeller som om tilpasset egentlig betyr at man har valgt bort noen av elementene i LPS. Noen informanter beskriver også at de har laget en *hybrid* av LPS og VDC.

Det ser ut til at man velger ut elementer av flere rammeverk som man mener passer til egen organisasjon. Det kan argumenteres for at en slik løsning gjør at man kan tilpasse rammeverket til egen drift. På den andre siden kan man også argumentere for at slike løsninger i praksis kan føre til at man velger uten noen verktøy her og der, uten at man tar inn over seg de fundamentale prinsippene i rammeverket. Når det gjelder LPS virker det for eksempel som om de fleste har tatt til seg prinsippene om bakoverplanlegging og plannivåer, mens man i liten grad fokuserer på målet om å redusere variabilitet.

For taktproduksjon trekker de fleste frem utviklings- og ukesplaner som de viktigste verktøyene fra LPS. Dette virker å fungerer godt i tospann med taktproduksjon. En gradvis detaljering og kontinuerlig kvalitetskontroll av forutsetninger for de ulike vognene i takttoget ser ut til å gi god forutsigbarhet for de utførende. Det bør påpekes at en del av forutsetningene for en sunn aktivitet (for eksempel bemanning) bør kontrolleres før ut-



kikksmøtene underveis i prosessen. Ettersom bemannings situasjonen er sentral for å lage en hensiktsmessig taktplan bør denne avklares før planen ferdigstilles, og dermed tidligere enn utkikksmøtene i LPS legger opp til. Inntrykket er at dette også gjøres av informantene, og man har slik sett gjort en del tilpasninger til systemet. Man får likevel inntrykk av at slike tilpasninger ikke formaliseres i noen særlig grad og det brukes gjerne en standard LPS veileder også i prosjekter med takt.

Et annet element i fremdriftsoppfølgingen er oppfølging underveis i en takttid. For at en taktplan skal fungere er man avhengig av at en arbeidsstasjon fullfører sitt arbeid innenfor takttiden. Det er derfor interessant at oppfølgingen underveis i takttiden hos en del entreprenører er lite formalisert. De fleste baserer seg på ”hyppige befaringer på byggeplassen”. Disse prosessene er i liten grad formalisert, og man kan derfor tenke seg at byggeledelsen i travle perioder kan ende opp med å nedprioritere befaringer på byggeplassen. Enkelte har en løsning hvor fremdriftsplanen avstemmes daglig av ansvarlig for den enkelte arbeidsstasjonen. En slik løsning kan man tenke seg at bidrar til god kontroll på fremdriften og en ansvarliggjøring av de ulike arbeidsstasjonene. Samtidig er man sårbar for feilrapportering.

Feilrapportering av fremdrift er et problem flere av informantene beskriver. Det ser ut til å være relativt vanlig at man ved egenrapportering av fremdrift ofte ”pynter” litt på sannheten. Uten et formalisert system for fremdriftskontroll er man sårbar for denne typen feilrapportering. En mulig løsning er å ha et mer bevisst forhold til buffere, som da kan bidra til at man ikke er like sårbar, skulle det vise seg at egenrapporteringen er feil. Det er også et spørsmål hvor formalisert man skal gjøre fremdriftskontrollen. Man kan tenke seg at man ved å formalisere kontrollen skaper et inntrykk av mistillit til de fagene. Noen av informantene er opptatt av å unngå å åpenlyst kontrollere fremdrift nettopp for å unngå å skape et inntrykk av mistillit. Det kan altså se ut som om det for byggeledelsen blir en avveining mellom å vise tillit og behovet for å verifisere at kontrollområdet blir klart til overlevering til neste vogn.

#### **5.2.4 Overlevering av kontrollområder**

Overlevering av kontrollområder mellom tilgrensende vogner er et grensesnitt som oppstår som en konsekvens av lokasjonsbasert planlegging. I taktproduksjon gjentas grensesnittet med de samme involverte gjennom

hele prosessen. Alle informantene reflektere over dette grensesnittet som en sentral suksessfaktor for taktproduksjon som planleggingsmetode og har ulike syn på hvordan det skal håndteres.

Et tilbakevende problem for mange av informantene er at det er mange slike grensesnitt som alle er på samme dag. Det er en naturlig konsekvens av taktproduksjon at alle vognene flytter seg på likt, og man har dermed en betydelig mengde grensesnitt på samme tid som må håndteres. Dette er årsaken til at en del av informantene velger å la tilgrensende vogner utføre kontrollen selv. Dersom byggeledelsen skulle deltatt ville det krevd betydelige ressurser og man ser ikke at denne ressursbruken er nødvendig. Det kan likevel se ut som om denne ressursbruken er nødvendig. Det viser seg nemlig at flere av informantene som har prioritert å delta på overleveringene i starten av byggeprosessen opplever at kvaliteten på leveranser, ryddighet osv. faller når man slutter å delta på overleveringene. Det kan derfor se ut til at man burde prioritere å delta på overleveringene.

Det er fristende å spekulere i at årsaken til at ressursene ikke brukes først og fremst er en intern forventning om at taktproduksjon skal gi større kontroll på byggeprosessen, og dermed mindre ressursbruk i byggeledelsen. I litteraturen (se [delkapittel 3.4.6](#)) regner man med at taktproduksjon på høyt modenhetsnivå krever større ressurser i byggeledelsen. Det har man ikke funnet i denne oppgaven, tvert imot beskriver flere av informantene at ressursbruken i byggeledelsen synker. Det er påfallende at man ønsker å delta på overleveringer av kontrollområder, men ikke har nok ressurser. Samtidig som man beskriver ressursbruken overodnet som mindre enn i andre prosjekter. Som tidligere nevnt kan det for en totalentreprenør være vanskelig å se direkte effekter i startfasen, det kan derfor tenkes at man prioriterer målbare besparelser, som mindre ressursbruk i byggeledelsen, selv om det kan være kontraproduktivt.

### **5.2.5 Variabilitet og buffere**

En av de mest interessante observasjonene om praksis for taktproduksjon er informantenes forhold til variabilitet og buffere. Viktigheten av å ha et bevisst forhold til variabilitet og bruke hensiktsmessige buffere til å håndtere den er grundig beskrevet i litteraturen om produksjonsteori (se [delkapittel 3.1.8](#)). Det var derfor overraskende at flere av informantene ikke kjente til begrepene, og at enda flere så lite behov for buffere i sine prosjekter. Observasjonen om buffere er en kombinasjon av funn og

*ikke funn*, da det i denne delen av oppgaven var vel så interessant hva informantene *ikke* pratet om, som det de faktisk pratet om.

### **Ser ikke behovet for buffere**

Den første interessante påstanden er at man ikke ser behovet for buffere. Den demonstrerer både en overdreven optimisme på vegne av egne planer og en mangefull forståelse av underliggende mekanismer i et produksjonssystem:

*For det første* anerkjenner man ikke bufferloven<sup>6</sup> og mener tvert i mot at så lenge man planlegger godt nok håndteres variabiliten gjennom planverket. Det er mulig å tenke seg at man ved ”å planlegge godt” i praksis ender opp med å bake inn buffere i fremdriftsplanen, og på den måten har en form for buffere, dog uten å anerkjenne at de eksisterer. Det kan derfor hende at de som mener det er tilstrekkelig å planlegge godt ikke opplever ulempene av implisitte buffere. Selv om det er tilfelle vil denne tilnærmingen til fremdriftsplanlegging sannsynligvis gi mer sløsing enn om man hadde hatt et bevisst forhold til bufferbruk.

*For det andre* viser informantene en overraskende likegyldighet til prosesser man oppfatter som utenfor sin kontroll. Selv om man ikke kan kontrollere for eksempel forsinkede leveranser, kan man ved bruk av buffere lage en struktur som reduserer ulempene ved en forsinket leveranse. For en del informanter virker det som om man ikke ser verdien av dette, da det er de ulike underentreprenørens ansvar å stå for egne innkjøp. En slik holdning fremstår som den strake motsetning til samhandlingskulturen de samme informantene er opptatt av å skape gjennom involvering av underentreprenører. En del av informantene ser ut til å ha et stort forbedringspotensial i hvordan man forholder seg til forhold utenfor byggeledelsens direkte kontroll.

### **Helg som tidsbuffer med ukestakt**

En av de vanligste formene for bufferbruk blant informantene er å dra nytte av helgen som tidsbuffer. Det har sannsynligvis samme forklaring som relativt lik takttid: nemlig at man lar seg inspirere av andre. Det som er interessant med å bruke helgen som tidsbuffer er om opplevelsen av at denne tidsbufferen ikke har samme kostnad som andre tidsbufe-

<sup>6</sup>”Et hver produksjonssystem vil alltid være bufret av en kombinasjon av kapasitetsbuffere, inventarbuffere og tidsbuffere” (Hopp og Spearman, 2011, sitert i Drevland (2019) gjentakelse fra [delkapittel 3.1.8](#) )

re er riktig. For å kunne bruke helgen som tidsbuffer er man avhengig av å ha ledig kapasitet som kan jobbe overtid, man må altså ha en kapasitetsbuffer for å kunne bruke helgen. Samtidig har overtidarbeid en høyere lønnskostnad. Man kan innvende at det å ha ledig kapasitet og betale overtid er den enkelte underentreprenørs ansvar og dermed at denne formen for bufferbruk flytter kostnaden fra totalentreprenøren (i form av lenger gjennomføringstid, med vanlig tidsbuffer) til underentreprenøren som av en eller annen grunn har behov for bufferen.

### **Kapasitetsbuffer**

Bruken av kapasitetsbuffer er i tråd med teorien om bufferbruk i taktproduksjon den vanligste buffertypen i prosjekter med takt. Det er interessant at også for denne buffertypen varierer implementeringen. En del påpeker at de ikke vil blande seg i bemanningssituasjonen til de ulike fagene. Det er i utgangspunktet fornuftig at man som totalentreprenør ikke detaljstyrer underentreprenørene. Samtidig fremstår en slik holdning som en overforenkling av behovet for buffere. I utgangspunktet fungerer overtid og oppbemanning som kapasitetsbuffer, men det er likevel et vesentlig poeng i litteraturen om taktproduksjon at man også bygger inn kapasitetsbuffer ved å underlaste vognene. En del informanter er uenige i denne strategien og trekker heller frem behovet for å *fine-tune* planen for å kunne ha størst mulig produksjon. Ved å underlaste vognene må man regne med noe lengre gjennomføringstid, men det kan likevel tenkes at en slik strategi ville gitt bedre *produktivitet*, fordi man slipper ekstra kostnader til overtidarbeid. For at underlastede vogner skal fungere er man avhengig av en inventarbuffer som den ledige kapasiteten kan brukes i, hvis det ikke er behov for bufferen.

### **”Off-takt”-områder som inventarbuffer**

Noen informanter oppnår en inventarbuffer ved å ha noen områder som er untatt taktplanen, såkalte off-takt-områder. Argumentet for å utnytte disse områdene som inventarbuffer er gjerne at ettersom områdene uansett må holdes utenfor taktplanen, og sjelden er styrende for fremdrift kan man dra nytte av dem som buffere. Motargumentet mot å bruke områdene som inventarbuffer er at man for det første at man risikerer å ikke bli ferdig i tide, dersom det ikke oppstår nok ledig kapasitet til å utføre arbeidet i off-taktområder. Det andre argumentet mot å bruke off-taktområder som buffer er at arbeidsmengden i disse områdene gjerne varierer mye fra fag til fag. Det kan dermed være en god inventarbuffer

for enkelte fag, mens det kan være alt for mye eller lite arbeid til å fungere som inventarbuffer for andre fag. Hvorvidt off-taktområdene benyttes som buffere eller ikke kan sannsynligvis tilskrives hvor bevisst man er på bufferbruk i utgangspunktet. Dersom man har et bevisst forhold til buffere er det naturlig å tenke seg at man ser fordelene med en inventarbuffer og dermed finner en løsning på å jevne ut arbeidsomfanget (for eksempel har noe dedikert bemanning og bruker deler av arbeidet som buffer).

### **Tidsbuffer før overlevering**

Bruken av tidsbuffere før overlevering er alle informantene enig om at er helt nødvendig for å redusere risikoen for å ikke bli ferdig i tide. Det er naturlig å påpeke at man sannsynligvis kunne redusert størrelsen på denne ved å ha en mer bevisst bufferbruk gjennom hele byggeprosessen, i stedet for å ha en stor buffer på slutten. På den andre siden argumenterer litteraturen om tysk takt (Se [delkapittel 3.4.4](#)) for at det er gunstig om mest mulig av andre buffere transformeres til tidsbuffer mot slutten av planen (såkalt *Calculated end buffer*), fordi det er vanlig å regne det som tid spart dersom denne bufferen ikke brukes.

I praksis kan det å ha en stor tidsbuffer før overlevering likevel vise seg vanskelig. Ettersom alle informantene har en transparent planprosess har både byggherren og underentreprenører tilgang til fremdriftsplanen, og ser dermed bufferen på slutten. Noen av informantene trakk frem at man da raskt havnet i en skvis hvor både underentreprenør og byggherre ønsket å benytte seg av denne tiden (enten ved å utsette aktiviteter, eller fremskynde overlevering). Det er forståelig at begge aktørene ønsker å utnytte muligheten, men samtidig forsvinner bufferens funksjon hvis man lover bort tiden til andre aktører.

Det ser derfor ut til å være en vanskelig kommunikasjonsøvelse å skulle samle mest mulig buffer til tiden før overlevering. I så måte vil det sannsynligvis være enklere å spre bufferne utover i prosjektet. På den andre siden kan man tenke seg at det å kunne fremskynde overlevering til byggherre mot slutten av prosjektet vil bli positivt mottatt, og på den måten gi totalentreprenøren *goodwill* hos byggherren. Det er likevel viktig å huske på at totalentreprenørene har den økonomiske risikoen for å ferdigstille innen overlevering, og dermed også "eier" denne bufferen.

### **Utsettelse av arbeid til etterfølgende vogner**

Noen informanter utsetter arbeid som ikke blir ferdigstilt til etterfølgende

de vogner, gjerne i kombinasjon med såkalte oppsamlingsvogner eller underlastede vogner senere i toget som fungerer som inventarbuffer. Denne bufferløsningen bærer preg av en tenkemåte man kan kjenne igjen fra kritisk sti- planlegging (se [delkapittel 3.2](#)). Nemlig at aktiviteter kan utsettes og flyttes så lenge de ikke er en del av den kritiske stien. I og med at denne metoden har vært mye brukt gjennom mange år i bransjen er det naturlig å tenke seg at man tar med seg noen tenkemåter inn i taktproduksjonen. Det er ikke nødvendigvis negativt å utsette aktiviteter i taktproduksjon heller, så lenge man sikrer seg at de 7 forutsetningene er på plass til etterfølgende vogner, er det i teorien ikke noe i veien for å utsette enkelte aktiviteter. En utsettelse forutsetter riktignok at man har ledig kapasitet til å ta igjen det tapte i en annen vogn. En annen ulempe med å utsette arbeid på denne måten er at man ikke lenger har enfaglighet i et kontrollområde, noe som kan gjøre det vanskeligere med for eksempel ansvarliggjøring av ryddighet.

### **5.2.6 Modenhetsnivå**

Det presenteres to teoretiske modeller for taktproduksjon i teorikapittelet (se [delkapittel 3.4.6](#)), den ene er en modell for modenhetsnivået til taktproduksjon i en organisasjon, mens den andre er et teoretisk rammeverk for flyt i taktproduksjon. I resultatkapittelet er det kun presentert en vurdering av modenhetsnivå, da en vurdering av flyt ikke lot seg gjøre med de innhentede dataene. I dette diskusjonskapittelet drøftes modenhetsnivåene fra resultatet, i neste delkapittel gjøres en generell drøfting av de to modellene.

#### **Modenhetsnivå 1**

Det første som er interessant å merke seg er at 7/9 praksiser oppfyller alle kravene for taktplanlegging på nivå 1. De to praksisene som ikke oppfyller alle krav er Consto og AF bygg, Consto har nylig testet taktplanlegging for første gang og befinner seg for i tiden i en utvilingsfase. Det er dermed naturlig at man ikke har fått alt på plass enda, og har enkelte mangler. Når det gjelder Af bygg har de i lengre tid brukt en variant av taktplanlegging uten å ha et særlig bevisst forhold til metoden, og uten å kalle det taktplanlegging. De har, noe ubevisst, brukt de planleggingstekniske grepene man finner i taktplanlegging på nivå 1. I og med at man ikke har kjent til taktplanlegging er det naturlig at man ikke har implementert flere av forutsetningene for å videreutvikle metoden til et høyere modenhetsnivå.

### Modenhetsnivå 2

Når vi kommer til forutsetningene for nivå 2 blir det større variasjon mellom praksisene. Statsbygg er tilsynelatende den eneste praksisen som oppfyller alle kravene på nivå 2. Ved å sammenlikne de ulike praksisene på nivå 2 finner man flere interessante momenter.

*For det første* er det interessant at logistikkplanlegging bare er en del av 3/7 av praksisene. For praksisen til Betonmast ble logistikkplanleggingen integrert på grunn av at det var strengt nødvendig på grunn av svært utfordrende omgivelser. Det kan se ut til at de fleste entreprenørene ikke ser verdien av å integrere logistikkplanlegging i taktplanen, og heller foretrekker å holde dette adskilt. Et argument for å holde det adskilt er at leveranser er uforutsigbare, og de fleste prosjektene er ikke kompliserte nok til at det lønner seg å bruke masse ressurser på å taktplanlegge logistikk.

*For det andre* er det interessant at ingen, utenom Statsbygg taktplanlegger prosjekteringsarbeid. Den eneste kartlagte erfaringen fra entreprenørene på dette området, er informanten fra Betonmast som forsøkte å taktplanlegge prosjektering en gang (beskrevet i [delkapittel 4.1.1](#)). Der som man forsøker å generalisere denne erfaringen kan det se ut som om de prosjekterende i norsk byggebransje i liten grad er interessert i å forlange strenge føringer for når et arbeid skal starte. Det er logisk at en rådgivende ingeniør med flere prosjekteringsoppdrag ikke ønsker at et av oppdragene skal kunne styre når vedkommende utfører hvilket arbeid.

Dette kan også forklare hvorfor Statsbygg har hatt suksess med å taktplanlegge prosjektering. De aktuelle Statsbyggprosjektene har alle kostnadsrammer i milliardklassen, mens prosjektene hos alle entreprenørene befinner seg i 100-millionersklassen (opp til et par hundre millioner). I et milliardprosjekt for Statsbygg er det naturlig å tenke seg at majoriteten av de rådgivende ingeniørene arbeider fulltid med prosjektet i en periode, og dermed enklere kan gå med på en mer detaljert planlegging av eget arbeid, enn de rådgiverne som har flere prosjekter samtidig.

*For det tredje* bør vurderingen av forutsetningene R7<sup>7</sup> og R8<sup>8</sup> kommenteres. Begge påstandene, men i særlighet R7 har vist seg vanskelig å vurdere. Det skyldes at det er vanskelig å ta stilling til hvor stor situasjonsbe-

<sup>7</sup>”Det er en gjennomgående situasjonsbevissthet gjennom produksjonsprosessen” (Gjentakelse fra [tabell 3.2](#))

<sup>8</sup>”Hindringer løses gjennom kontinuerlig forbedring og samarbeid” (Gjentakelse fra [tabell 3.2](#))

visstheten er i en praksis, når datagrunnlaget er om lag en times intervju. Det har likevel blitt gjort en vurdering, basert på hvordan informantene beskriver ulike situasjoner og en subjektiv opplevelse av bevisstheten rundt dette.

For R8 er det vanskelig å trekke opp en linje mellom ”vanlig” problemløsning og kontinuerlig forbedring. Eksempelvis kan en informant beskrive at man diskuterer et problem og forsøker å finne best mulig løsning, det vil da måtte vurderes som samarbeid. Samtidig er det ikke gitt at denne løsningen går inn i et større kontinuerlig forbedringsarbeid. I denne vurderingen har det blitt lagt vekt på om informantene beskriver et samarbeid for å illustrere løsninger og om man tar denne løsningen med seg videre i prosjektet. Dersom løsningen videreføres i prosjektarbeidet blir det vurdert som kontinuerlig forbedring.

*For det fjerde* er det store variasjoner i kvalitetskontrollen. I den ene enden av skalaen finner vi Statsbygg som har utviklet et eget opplegg (systematisk ferdigstillelse) for kontinuerlig kvalitetskontroll. I den andre enden av skalaen finner vi flere av entreprenørene som har en lite formalisert befaringsrunde i taktskiftene. Det er naturlig å tenke seg at den formaliserte prosessen til Statsbygg gir en grundigere kvalitetskontroll, enn uformelle befaringer. Likevel vil behovet for en omfattende kvalitetskontroll i hver takttid variere, og man kan argumentere for at en visuell inspeksjon er tilstrekkelig i prosjekter med overvekt av bygningsmessige arbeider. Kontinuerlig kvalitetskontroll vurderes derfor å være til stede uavhengig av formaliteten på selve kontrollsystemet.

### **Modenhetsnivå 3**

På modenhetsnivå 3 er det større spredning i resultatene. Flere av entreprenørene har en eller to forutsetninger på dette nivået, men det er kun Hent og Backe som har tre. For Hent kan det diskuteres om forutsetning R15<sup>9</sup> er til stede. Informanten beskriver at man forsøker å identifisere hensiktsmessige KPIer for de forskjellige prosjektene og bruker dette som en del av beslutningsgrunnlaget. Dermed kan man si at det er en form for databasert beslutningsstrategi, men i og med at KPIene varierer og tilsynelatende er mest brukt på prosjektnivå er det et spørsmål om den skal regnes i nivå 3 (som er organisasjonsnivå).

---

<sup>9</sup>”Forbedringsarbeid gjennomføres med utgangspunkt i key performance indexes (KPIer) og en databasert beslutningsstrategi.”(Gjentakelse fra [tabell 3.2](#))



For Backe sin del kan man særlig diskutere R14 <sup>10</sup>. Informanten beskriver en rekke interne erfaringstall og ulike dokumenter som brukes som utgangspunkt for videre planlegging. Det kan likevel virke som om biblioteket til informanten fra Hent er mer formalisert og bredere kommunisert i organisasjonen. Forutsetningen blir derfor regnet som delvis oppfylt.

### Helhetsvurdering

Det kan være nyttig å gjøre en helhetsvurdering av modenhetsnivået til de ulike praksisene for å gi et overblikk over modenhetsnivået blant informantene. Praksisene til Consto og AF bygg befinner seg åpenbart på nivå 1. Videre har AF nybygg kun 2 delvise forutsetninger på nivå 2 og bør derfor også regnes som nivå 1, dog med et noe høyere modenhetsnivå enn Consto og AF bygg. I den andre enden av skalaen finner vi praksisene til Statsbygg som i minste fall befinner seg på nivå 2.

På grunn av at noen av forutsetningene på nivå 3 er lite relevante for en offentlig byggherreorganisasjon argumenteres det for at Statsbyggs praksis bør vurderes som nivå 3. Når det gjelder de 5 andre praksisene har alle utenom Lean Communications mangler på nivå 2 og noen punkter på nivå 3. Dersom man skal gjøre en skjønnsmessig vurdering regnes det som mest fornuftig å regne disse praksisene som nivå 2. Det bør likevel påpekes at det er en generalisering og at eksempelvis praksisen til Hent og Veidekke er ulike. Oppsummert beskrives derfor modenhetsnivået i bransjen slik:

- 3/9 vurderte praksiser har modenhetsnivå 1.
- 5/9 vurderte praksiser har modenhetsnivå 2.
- 1/9 vurderte praksiser har modenhetsnivå 3.

### 5.2.7 Teoretiske rammeverk for taktproduksjon

Den observante leser kan ha merket seg at det i teoridelen, [delkapittel 3.4.6](#), presenteres to ulike rammeverk. Et for modenhetsnivå (Lehtovaara, Heinonen mfl., 2020) og et for flyt i prosjekter med taktproduksjon (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020). Sistnevnte rammeverk er ikke brukt

<sup>10</sup>Arbeidstørrelser standardiseres i biblioteker med utgangspunkt i taktplanlegging.”(Gjentakelse fra [tabell 3.2](#))

til å analysere resultatene, fordi det viste seg vanskelig å behandle resultatene i dette rammeverket. I dette delkapittelet drøftes de to teoretiske rammeverkene i konteksten av resultatene fra norsk byggebransje. For å gjøre det mer praktisk for leseren er illustrasjonen av rammeverket for flyt (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020) gjentatt på påfølgende side.

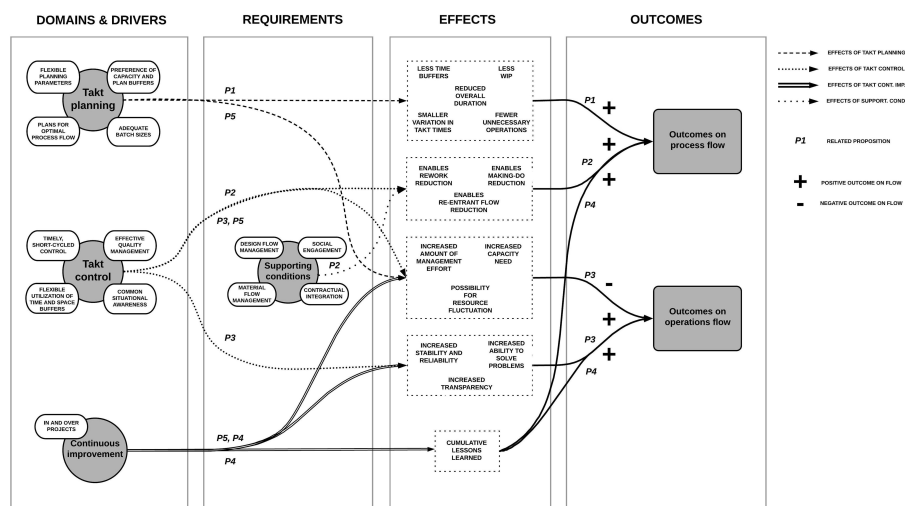
Utfordringen med rammeverket er at det etableres en klar sammenheng mellom *domener* og effekter og utfall. Med resultatene fra denne oppgaven ble det vanskelig å bruke metoden for å vurdere praksisene. Eksempelvis argumenteres det for at flesteparten av praksisene befinner seg på modenhetsnivå 2 i modellen Lehtovaara, Heinonen mfl. (2020). De samme praksisene vil ikke kunne plasseres i domene 2 i rammeverket Lehtovaara, Seppänen mfl. (2020) fordi praksisene mangler flere av driverne (for eksempel fleksible tids og inventarbufferne). Videre mangler praksisene noen av støttefunksjonene som regnes som nødvendig for å oppnå enkelte effekter. Det fremstår derfor som vanskelig å plassere disse praksisene i domene 2. Likevel opplever praksisene flere av effektene som er knyttet til domene 2 i rammeverket, for eksempel: økt forutsigbarhet. Samtidig som andre forventede effekter i både domene 1 og 2 er fraværende, for eksempel økt ressursbruk i byggeledelsen.

Tilsvarende eksempler finnes for praksisene på alle tre modenhetsnivået. På et overordnet nivå er utfordringen at kartet ikke nødvendigvis stemmer med terrenget. Det er identifisert effekter, som ikke nødvendigvis samsvarer med hvilke forutsetninger som eksisterer i praksisen, og det er funnet fravær av effekter som man kunne forvente å finne. Det samme gjelder postulatene om flyt som ikke nødvendigvis stemmer med den teoretiske modellen.

I denne masteroppgaven argumenteres det derfor for at rammeverket Lehtovaara, Seppänen mfl. (2020) er lite egnet til å beskrive og analysere resultatene. Det kan tenkes at årsaken ligger i at norsk byggebransje skiller seg ut fra caseprosjektene som er brukt til å utarbeide rammeverket, men det er lite sannsynlig at norsk byggebransje skal være fundamentalt forskjellige fra andre vestlige byggebransje. Da er det mer sannsynlig at man i norsk praksis får unaturlige resultater. Det kan skyldes et relativt løssluppent forhold til taktproduksjon, og velger seg de delene av metodikken man ønsker. Samtidig kombineres det gjerne med andre produksjonsstyringssystemer som eksempelvis VDC og LPS. Alle informantene beskriver en viss blanding av ulike systemer. Det er naturlig at rammeverket ikke kan beskrive alle eventualiteter, og det kan derfor virke som om rammeverket (Lehtovaara, Seppänen mfl., 2020) ikke egner seg godt

for produksjonssystemer bestående av flere metoder.

Samtidig ser rammeverket for modenhetsnivå (Lehtovaara, Heinonen mfl., 2020) ut til å fungere bedre i slike situasjoner. Rammeverket er i utgangspunktet mindre komplisert og hensyntar for eksempel ikke forventede effekter av takt. Det gjør naturligvis at bruksområdene blir færre, man kan for eksempel ikke bruke rammeverket til å vurdere forventede effekter av å øke modenhetsnivået. Til å beskrive eksisterende praksiser ser rammeverket likevel ut til å fungere godt, og det fremstår som robust mot påvirkningen fra andre metoder som LPS og VDC.



Figur 3.13: Teoretisk rammeverk for taktproduksjon (Gjentakelse fra side 55)

## 5.3 Erfaring og resultater av taktproduksjon

Det har blitt identifisert en rekke ulike erfaringer og resultater fra informantene som bruker taktproduksjon. En generell utfordring med arbeidet er at de varierer hvilke erfaringer og resultater informantene trekker frem. Til en viss grad skyldes dette at man har ulike erfaringer, men noe av årsaken kan sannsynligvis også være at man fokuserer på ulike ting. Samtidig er en annen stor utfordring at man i liten, eller ingen grad, har

dokumentert erfaringene. Det fører til at det som kommer frem av erfaringen og resultater i stor grad er det en gitt informant husker, og dermed ikke nødvendigvis viser hele bildet.

En annen generell utfordring er mangelen på målinger. Informantene utfører i svært liten grad målinger som kan brukes til å vurdere resultatene av taktproduksjon. Det synes å være en felles motvillighet mot å måle produksjonssystemet, ofte begrunnet med at det er vanskelig å få gode målinger, eller at man ikke ønsker at et miljø hvor fokuset på målinger og effektivisering blir altoverskyggende. Begge deler er gode argumenter, men et minst like sterkt motargument er at man uten å måle produksjonssystemet har vanskelig for å forbedre det.

Det er naturlig å anta at både bransjen som helhet, og de enkelte organisasjonene kunne hatt godt av en mer pragmatisk tilnærming til måling, simpelthen for å få oversikt over egne systemer. Et godt bilde på utfordringene med manglende målinger kan være å relatere det til bilkjøring: dersom man kjører bil uten speedometer, kan fartsblindhet gjøre at man opplever at bilen går fort både i 40 og 80km/t. Det samme kan skje i produksjonssystemer, og man kan derfor argumentere for at man er helt avhengig av å gjøre målinger for å kunne ta informerte avgjørelser på vegne av produksjonssystemet. Hvordan man kan utføre gode målinger av produksjonssystem i byggebransjen og samtidig ivareta hensynet til arbeidere er et interessant tema, men ikke noe denne oppgaven finner svar på. Videre i dette kapitlet drøftes de ulike erfaringene og resultatene som informantene har gjort seg.

### 5.3.1 Gjennomføringstid

Et sentralt poeng i litteraturen om taktproduksjon er det bør gi kortere gjennomføringstid (se [delkapittel 3.4.4](#)). Tidligere forskning spriker mye i resultatene, noe som sannsynligvis kan tilskrives stor variasjon i typen prosjekter som har testet ut taktproduksjon. I et forsøk på å verifisere litteraturens funn, og samtidig bruke en mest mulig håndfast spørsmålsstilling ble informantene spurt om taktproduksjon reduserte gjennomføringstiden. Det kan argumenteres for at det ville vært mer hensiktsmessig å spurt om produktiviteten, men med lite målinger blir gjennomføringstid vurdert som en enklere parameter å forholde seg til. Samtidig er gjennomføringstiden en av flere faktorerer som påvirker produktiviteten (gjennom hvor mye arbeidsinnsats og ressurser som brukes) og kan dermed være en

indikator for produktivitet.

Det eneste målbare resultatet som ble funnet i denne masteroppgaven er informanten fra Lean Communications som har oppnådd 88% reduksjon i gjennomføringstid. Erfaringen skiller seg ut i denne oppgaven fordi det er den eneste målte erfaringen, men også på grunn av hvordan erfaringen er gjort. Ved å planlegge to like etasjer i et fengselsprosjekt med to ulike planleggingsmetoder skulle man i utgangspunktet ha gode muligheter for å gjøre en kvalifisert sammenlikning. Det har man forsåvidt også, men fordi etasjen med taktproduksjon ble planlagt med svært kort takttid (4 timer) kan man diskutere om erfaringen kan overføres til andre prosjekter. Jo lavere takttiden er jo kortere bør, i følge litteraturen, gjennomføringstiden bli. Reduksjonen i gjennomføringstid kan derfor sies å være en klar støtte for denne påstanden. Samtidig øker behovet for bemanning både i arbeidsstasjoner og i byggeledelsen med kortere gjennomføringstid, og det er lite sannsynlig at man kan operere med takttider på 4 timer i større byggeprosjekter. Det gjør at noe av verdien til erfaringen faller bort, da man sannsynligvis ikke kan regne med besparelser i denne størrelsesordenen i det jevne byggeprosjektet med taktproduksjon.

Den vanligste tilbakemeldingen på taktproduksjonens effekt på gjennomføringstid er at man *tror* det gir kortere gjennomføringstid. Her kommer problemet med manglende målinger til syne, det er ingen som med sikkerhet kan slå fast at taktproduksjon har gitt kortere gjennomføringstid. Likevel gir flere uttrykk for at de ville planlagt en måned eller to lenger fremdrift hvis de ikke fikk benytte taktproduksjon. Dette kan tolkes som et uttrykk for at metoden gir kortere gjennomføringstid, men kan også være et uttrykk for at planpåliteligheten øker og dermed at man har mindre behov for tidsbuffer mot slutten av fremdriftsplanen. Likevel støtter eksempelvis Betonmasts valg av taktplanlegging i et prosjekt med svært kort byggetid opp under oppfatningen om at taktproduksjon bidrar til kortere gjennomføringstid.

Også funnene i tidligere masteroppgaver om takt i Veidekke gir indikasjoner på at gjennomføringstiden reduseres. Det er likevel slik at også disse masteroppgavene sliter med å finne definitive svar, og er avhengig av å se på for eksempel akkordlønn for tømrere. Det at tømrere i et prosjekt med takt har god lønn, tyder på høy produktivitet. Med konstant output (Det samme må produseres uavhengig av planleggingsmetode) er det naturlig å tenke seg at det er input - arbeidsinnsatsen som er redusert. Det betyr at taktproduksjon har gitt kortere gjennomføringstid for tømrerne i det aktuelle prosjektet. Hvordan taktproduksjon påvirket andre fag i det

aktuelle prosjektet er ikke like klart, og det er derfor vanskelig å konkludere med at metoden gav kortere gjennomføringstid. Det påpekes likevel, på samme måte som for Betonmast, at taktproduksjon ble valgt på grunn av kort gjennomføringstid.

Det at taktproduksjon ofte velges som en konsekvens av kort gjennomføringstid er i seg selv et sterkt argument for at gjennomføringstiden reduseres med metoden. Det er også utsagnene fra flere av informantene om at de aldri har opplevd å *ikke* bli ferdige i tide med taktproduksjon. Denne observasjonen tyder på høy planpålitelighet og at man har laget en realistisk plan. Samtidig er kombinasjonen av å bli ferdige i tide innenfor en kort gjennomføringstid en indikator på at metoden gir kortere gjennomføringstid.

Informanten fra Statsbygg fokuserer på at det er stort uutnyttet potensial i taktproduksjon. Her trekkes økt inntjening, bedre kvalitet og økt produktivitet frem. Kombinasjonen av økt inntjening og økt produktivitet vil sannsynligvis resultere i kortere gjennomføringstid. Responsen kan dermed tolkes som et uttrykk for at gjennomføringstiden kan redusere, men at man i liten grad henter ut dette potensialet i dag.

Det er også interessant å merke seg at informanten fra Backe mener at metodevalg er sekundært, vedkommende trekker frem Lean-tankegang og lokasjonsbaserte planleggingsmetoder som løsningen på kortere gjennomføringstid. Det er sannsynligvis riktig at taktproduksjon ikke alene er svaret, og det finnes etter all sannsynlighet flere veier til Rom. Ulempen med en slik tilnærming er at man risikere å bruke mange ulike planleggingsmetoder, uten å oppnå et tilstrekkelig høyt modenhetsnivå på noen av dem. Man kan tenke seg at det å ha en velutviklet praksis for en planleggingsmetode er viktigere for den overordnede produktiviteten i en organisasjon, enn å velge den optimale planleggingsmetoden for hvert prosjekt.

En annen interessant observasjon er at mange av informantene trekker frem andre effekter av taktproduksjon som svar på spørsmålet. Det påpekes gjerne at man får bedre forutsigbarhet og bedre muligheter for kvalitetskontroll som viktigere parametere enn redusert gjennomføringstid. Hvorvidt det i seg selv er viktig å redusere gjennomføringstiden er en diskusjon som kan være aktuell for bransjen som helhet. Det er vanlig å påpeke at byggekostnadene har økt uforholdsmessig mye og at man bør effektivisere (øke produktiviteten). En måte å gjøre det på er å redusere gjennomføringstiden, uten å øke bemanningen. Samtidig kan produktiviteten øke på flere andre måter, for eksempel ved å redusere unødven-

dig sløsning. Bedre forutsigbarhet og kvalitetskontroll er begge momenter som kan bidra til å redusere unødvendig sløsning. Det går således an å argumentere for at gjennomføringstiden i seg selv ikke er det viktigste, men en del av et større effektiviseringsbehov i bransjen.

### 5.3.2 Prøvetog

To av informantene beskrives erfaringer med *first rund studies* i form av såkalte prøvetog. Hvordan prøvetogene er organisert varierer, en har brukt oppstarten på byggeplassen til prøvetog, mens en annen har organisert en prøvebygging utenfor byggeplassen. I litteraturen trekkes *first rund studies* frem som en mulighet for å optimalisere taktplanen før den settes ut i live. For informantene varierte nytten av prøvetog.

Det er interessant at informanten fra Statsbygg opplevde at prøvetog var delvis suksess, uten at man fikk testet de tekniske installasjonene, som egentlig var hovedformålet med prøvetog. Det positive med denne erfaringer er at man ser en nytte av prøvetog for bygningsmessige arbeider ved at man får optimalisert både planverk og selve produksjonsprosessen. Selv om det ikke var hovedfokuset for prøvetog kan man tenke seg at en liten forbedring i produksjonslinjen for et svært prosjekt har gitt utslag i store besparelser.

Samtidig illustrerer erfaringen at også prøvetog krever planlegging og forankring hos de involverte. I og med at en del tekniske entreprenører ikke tok forsøket seriøst, og man ikke hadde planlagt for fullskala test av tekniske systemer fikk man ikke muligheten til å gjøre seg gode erfaringer på dette området. Det kan tenkes at nytten ville vært større dersom man i forkant planla og forankret prøvetog i tilstrekkelig grad til at fullskalatester kunne utføres. Et betimelig spørsmål med prøvetog utenfor byggeplassen er om fordelene i form av produksjonsforbedring veier opp kostnadene.

En mindre ressurskrevende løsning finner vi hos informanten fra Betonmast, som valgte å starte innredningsarbeider før tiden for å kunne gjennomføre noen tester. Med denne løsningen produserer man i det ferdige bygget, og tilfører dermed verdi. På den måten blir ressursbruken på prøvetog vesentlig mindre. Samtidig forsvinner muligheten til å gjennomføre et helt takttog, på grunn av tidspresset i prosjektet. Dermed fikk man ikke testet alle vognen. Informanten opplevde likevel at det gav mulighe-

ten til å finjustere planen før oppstart. Særlig for en uerfaren taktplanlegger kan man tenke seg at denne varianten av prøvetog, som koster mindre, kan være gunstig for å sikre seg at man har omtrent riktig taktid og størrelse på kontrollområder. Dersom de to - tre første vognene i toget opplever at arbeidsmengden er alt for stor, kan man sannsynligvis anta at det er problem som også etterfølgende vogner vil oppleve.

Et interessant perspektiv i denne sammenhengen er at flere informanter beskriver et ønske om å justere planverket etter hvert, men at det ikke lar seg gjøre. Fordelen med justeringer i planen ser man i gjentakelseeffekten, hvor enkelte informanter har fått en vesentlig bedre plan i neste byggetrinn. Ved å bruke prøvetog har man mulighet til å gjøre justeringer, før produksjonen starter, og dermed kan man muligens hente ut noe av gjentakelseeffekten uten å være avhengig av flere byggetrinn. I større entreprenørselskaper kan man også tenke seg at man kan gjennomføre prøvetog som er gyldige for flere prosjekter. For eksempel er leiligheter fundamentalt like, og man kan tenke seg at man ved å inngå partnering-avtaler med noen utvalgte underentreprenører kan iterere seg frem til en standard taktplan for leilighetsbygg som brukbar på tvers av prosjekter.

### **5.3.3 Planpålitelighet og effekter på byggeledelsen**

Forutsigbarhet er den effekten av taktproduksjon som flest informanter trekker frem. Det er interessant at de aller fleste trekker frem forutsigbarhet, men samtidig beskriver og begrunner forutsigbarheten på ulike måter. Overodnet kan vi skille mellom forutsigbarhet i fremdriftsplaner, såkalt planpålitelighet og forutsigbarhet for byggeledelsen.

#### **Planpålitelighet**

En pålitelig plan gir god forutsigbarhet i et byggeprosjekt ved at alle involverte vet hva de skal gjøre når. En av fordelene med taktproduksjon er at det utarbeides detaljerte fremdriftsplaner tidlig, da kan man starte planleggningen av aktivitetene tidlig. For at det skal være fornuftig å starte planlegging av aktiviteter tidlig er man imidlertid avhengig av at planen er til å stole på, at den er pålitelig. Det bør påpekes at en pålitelig plan ikke kun omhandler selve planen, men at også produksjonskontrollsystemet generelt spiller en rolle. Eksempelvis er man avhengig av en struktur for oppfølging som ivaretar intensjonene i fremdriftsplanen og sikrer at forutsetningene for senere aktiviteter er på plass.



Hvordan planpålitelighet skal måles i taktproduksjon er omstridt blant informantene. Noen mener at, det tidligere omtalte PPU-målet (se [delkappittel 3.3.1](#)), ikke er egnet for taktproduksjon. Argumentet for det er at man med takt i utgangspunktet ikke har rom for forsinkelser. Ettersom det ikke finnes tidsbuffer mellom vognene vil  $PPU < 100\%$  medføre at det gjenstår arbeid fra forrige vogn når neste skal overta. Det er det i utgangspunktet ikke rom for i taktproduksjon. De som bruker tomme eller underlastede vogner som inventarbuffer kan argumentere for at det i en slik struktur er rom for å flytte ikke-kritiske aktiviteter til senere vogner, dermed kan man ha  $PPU < 100\%$  uten at taktplanen kollapser. Relevansen av PPU-målinger virker dermed å være avhengig av hvilke buffer man brukere.

De fleste informantene har ikke gjort PPU-målinger, delvis på grunn av et ambivalent forhold til målinger, og delvis på grunn av argumentene om at PPU-målinger ikke er relevante for taktproduksjon. Samtidig opplyser de fleste at de har en *opplevelse* av at taktproduksjon gir større forutsigbarhet og en mer pålitelig plan enn andre planleggingsformer. Uten målinger lar denne opplevelsen seg ikke verifisere, men man kan likevel tenke seg at opplevelsen i seg selv kan gi positive ringvirkninger. Dersom de fleste involverte i et prosjekt er enige om at planen gir høy forutsigbarhet, kan man tenke seg at det nærmest blir en selvoppfyllende profeti hvor ingen ønsker å være ansvarlig for en uforutsigbar forsinkelse. På den andre siden kan man tenke seg at en opplevelse av forutsigbarhet er avhengig av referansepunktet til de involverte. En relativ økning er ikke nødvendigvis det samme som en perfekt plan. Det kan illustreres med PPU-målingene til informanten fra AF-nybygg. Til tross for at informanten beskriver en forutsigbar plan var PPU i gjennomsnitt rundt 80%. Det tyder for det første på at man kan oppleve forutsigbarheten som høy, selv med PPU-verdier et stykke under 100%. For det andre viser målingene at praksisen har forbedringspotensial, det potensialet kan man tenke seg at ville blitt oversett uten målinger, fordi man opplevde planen som god og forutsigbar.

### **Ryddighet**

Flere av informantene beskriver ryddigere byggeplass som den tydeligste fysiske effekten av taktproduksjon. Gjennom tydelige grensesnitt og ansvarsområder er det logisk at man har bedre forutsetninger for å plassere ryddeansvar. Flere av informantene oppgir å ha spart betydelige ressurser i byggeledelsen på at ryddighetene i stor grad opprettholdes av seg selv i prosjekter med takt. Dersom det er uryddig i et område kan man enkelt plassere ansvaret hos den arbeidsstasjonen som befinner seg i det

aktuelle kontrollområdet. Med å etablere tydelige regler for dette i forkant, kan man tenke seg at de klassiske konfliktene om hvem som "eier" hvilket rot forsvinner.

### **Effekter på byggeledelsen**

Fortellingen om ryddighet på byggeplassen kan være med på å forklare hvorfor byggeledelsen hos flere av informantene opplevde mindre ressursbruk med taktproduksjon. Det er nemlig i strid med tidligere internasjonal forskning som slår fast at man sannsynligvis vil ha større ressursbruk i byggeledelsen med taktproduksjon. Årsakene til at man opplever det motsatte i norsk byggebransje kan være at man hadde en uforholdsmessig høye ressursbruk med tidligere planleggingsmetoder. Dette kan eksemplifiseres med ryddighet. Dersom man i norsk byggebransje brukte relativt mye mer tid på å opprettholde en ryddig byggeplass enn i andre land, kan man tenke seg at den økte ressursbruken med takt ikke utgjør like mye som den sparte ressursbruken på ryddighet, og dermed at man opplever netto reduksjon i ressursbruk. Det bør understrekes at ryddighet alene sannsynligvis ikke utgjør nok ressursbruk til å forklare hele fenomenet.

På den andre siden kan den reduserte ressursbruken også skyldes at man har implementert taktproduksjon på en måte som bruker minst mulig ressurser i byggeledelsen. Som vi har sett eksempler på, har flere spart ressurser på å ikke delta i overleveringen av kontrollområder. Man ser også i modenhetsvurderingen at tilsynelatende ressurskrevende forutsetninger som for eksempel industrialisering av logistikk- og materialflyt i liten grad er til stede. Det kan dermed tenkes at man ved en videreutvikling av metoden likevel vil oppleve den økte ressursbruken i byggeledelsen som forskningen tilsier.

### **5.3.4 Effekter på kvalitet**

På samme måte som for flere andre effekter av taktproduksjon baseres også informantenes perspektiver på kvalitet seg på *opplevelser*, i mangel på målbare resultater. 6/9 av praksisene befinner seg på modenhetsnivå 2 eller høyere, noe som tyder på at man bør ha en form for taktkontroll i bruk.

De fleste informantene har en form for taktkontroll, men formaliteten og

grundigheten i kontrollen varierer. Det å fange opp kvalitetsavvik tidligst mulig er likevel felles for de fleste. Den sterkeste indikatoren på at taktproduksjon bidrar til bedre kvalitet er en av informantene som har betraktelig redusert bemanning i sluttfasen sammenliknet med tilsvarende prosjekter. Det er naturlig å tolke den store reduksjon som en indikasjon på få feil. Likevel er det vanskelig å si noe om kausaliteten mellom taktproduksjon og antall feil basert på dette ene tilfellet. Man kan for eksempel argumentere for at man med taktproduksjon har like mange feil, men at de rettes underveis. Det vil i seg selv ha en verdi å oppdage feil tidligere, men gevinsten er naturligvis mindre gunstig enn om man kan vise at det produserer mer riktig i utgangspunktet.

Et annet interessant poeng i diskusjonen om kvalitetsavvik er følgefeil. En informant trekker frem at man ved å gå ukentlige befaringer raskt identifiserer feil. Det er to grunner til at det er gunstig: det første er at man raskt får utbedret feilene, mens det andre og vel så viktige argumentet er at man slipper følgefeil. Man unngår for eksempel at det males over en tømmerfeil, som deretter må rettes og males på ny. Ved å identifisere feil tidlig reduserer man altså mengden omarbeid og reduserer dermed sløsing i prosjektet.

Tidlig identifisering av feil kan også knyttes til et kontinuerlig forbedringsarbeid. Som kjent, gjentas en produksjonslinje mange ganger gjennom et gjennomsnittlig taktprosjekt. Dersom man kan identifisere gjentakende feil hos en arbeidsstasjon tidlig i prosessen vil disse feilene kunne lukes ut for resterende kontrollområder. Tidlig identifisering av feil kan altså bidra til at man produserer mindre feil senere i prosessen, og er på denne måten verdifullt i seg selv.

Et betimelig spørsmål når det gjelder kvalitet er om bedre kvalitetsarbeid kommer som en konsekvens av taktproduksjon, eller om man kunne oppnådd samme effekt med andre planleggingsmetoder, simpelthen med å fokusere på kvalitetsstyring. På den ene siden kan man si at taktproduksjon legger til rette for systematisk kvalitetsarbeid med tydelige grensesnitt som skaper naturlige kontrolleringstidspunkt.

På den andre siden kan man innvende at grensesnittene i alle områder faller på samme tid, og dermed må man enten ha mye ressurser til kvalitetsoppfølging, eller spre kvalitetskontrollen utover i tid. En kvalitetskontroll som er spredt utover i tid, har i teorien mye til felles med hvordan kvalitetskontroll i for eksempel kritisk-sti-planlegging kunne sett ut. Da kan man tenke seg at det kontrolleres kvalitet når en aktivitet er ferdig.

Det som i imidlertid virker klart, er at taktproduksjon med sine tydelige grensesnitt legger opp til en bevissthet rundt kvalitetskontroll som er tydeligere enn i andre planleggingsmetoder. Det må likevel antas at man kan oppnå en tilsvarende effekt ved å innføre et systematisk kontrollarbeid i hvilken som helst annen planleggingsmetode.

### 5.3.5 Gjentakelseeffekt

Effektivisering gjennom å gjenta ting mange ganger, såkalt gjentakelseeffekt, er et av hovedargumentene for industrialisering i byggebransjen. Det var derfor overraskende at relativt få informanter trakk frem denne effekten i konteksten av taktproduksjon. Det er to ulike perspektiver på gjentakelseeffekt som presenteres av informantene.

*Det første perspektivet* er gjentakelseeffekten på selve planverket. Denne beskrives spesielt av informantne fra Consto og Hent som begge har revidert planverket mellom byggetrinnene. Gjentakelseeffekten for fremdriftsplaner er vanskeligere å oppnå, da man gjerne er avhengig av et nytt byggetrinn for at det skal være mulig å gjøre nødvendige justering i fremdriftsplanen. Dermed er denne effekten først og fremst aktuell i større prosjekter hvor samme team gjennomfører flere byggetrinn. I denne konteksten forstås byggetrinn som "flere like bygninger", strengt tatt kan et byggetrinn bestående av fire blokker få gjentakelseeffekt for hver blokk, selv om det er et byggetrinn.

*Det andre perspektivet* er gjentakelseeffekt i selve arbeidet som utføres. Som informantene fra Statsbygg og Betongmast beskriver vil en arbeidsstasjon gjenta samme arbeid for alle kontrollområdene. Det medfører at man kan optimalisere hvordan selve arbeidet utføres og på den måte effektivisere arbeidet. Denne effekt blir spesielt tydelig i Vatne (2016) hvor akkordlønnen til tømmerne øker med tiden.

En ulempe med denne standardiseringen er at arbeidsstasjonene får lite variasjon. En fagarbeider i prosjekter med taktproduksjon kan i teorien ende opp med den samme arbeidsoppgaven gjennom hele prosessen. Det gir naturligvis gode muligheter for effektivisering, men kan samtidig oppleves som monotont og lite motiverende for arbeideren. Det bør derfor være en avveining mellom gevinstene av gjentakelse, og motivasjonen til de ansatte. En mulighet kan være at fag med flere vogner i takttoget ruller bemanningen for å skape variasjon. Eksempelvis kan malervog-

nen som sparkler og malervognen som maler bytte bemanning midtveis, slik at arbeiderne får variasjon. Det er imidlertid vanskelig for toalentreprenører å detaljstyre bemanningen til underentreprenørene, så dette ansvaret hviler i hovedsak på ansvarlig leder hos underentreprenørene.

### **5.3.6 Effektivitetsparadokset**

Effektivitetsparadokset er et begrepet som ble brukt av en av informantene for å beskrive avveiningen mellom prosess- og operasjonsflyt. Gjennom litteraturstudiet er det ikke funnet et tilsvarende begrep til å beskrive fenomenet, begrepet brukes derfor slik informanten definerer det.

En av utfordringene med taktproduksjon er at denne avveininger blir synligere enn den ellers ville gjort. Ettersom man i en taktplan må gjøre helt tydelige prioriteringer vil den eller de arbeidsstasjonene som får nedprioritert sin operasjonsflyt kunne bli misfornøyde. Hvordan en slik prioritering skal kommuniseres vil sannsynligvis være sentralt for at fagene skal være lojale mot prioriteringen. Det er naturlig å anta at de praksisene som legger opp til mye involvering og kulturbygging vil ha bedre forutsetninger for å håndtere slike konflikter, da har man allerede opparbeidet et samarbeidsklima og de involverte er sannsynligvis godt kjent med prosjektet og planen.

På den andre siden vil det for de praksisene som ligner mer på tysk takt kunne bli vanskelig å kommunisere at man har besluttet å nedprioritere operasjonsflyten til enkelte fag. I denne sammenhengen virker også egenproduksjon å være et dilemma. I og med at en del entreprenører har egenproduksjon på noen sentrale fag (ofte betong eller tømmer) vil en diskusjon om prioritering også kunne bli en diskusjon om favorisering av egne arbeidere.

Et sentralt poeng med effektivitetsparadokset er at man til en viss grad kompenserer for manglende operasjonsflyt med forutsigbarhet. Ved å ha en forutsigbar plan legger man til rette for at de arbeidsstasjonene som får dårlig operasjonsflyt har mulighet til å planlegge for det i god tid i forveien. På den måten kan man planlegge for ulempen, for eksempel ved å flytte bemanning mellom prosjekter.

Verdien av forutsigbarhet er sannsynligvis større for underentreprenører med mange ulike prosjekter. Dersom en underentreprenør har få prosjekter er det ikke sikkert at det lar seg gjøre å flytte bemanning underveis

i en takttid. For å motvirke konflikter rundt dette virker det fornuftig å opplyse om planleggingsmetode og mulige konsekvenser det kan ha på operasjonsflyten. Flere av informantene opplyser at de har brukt forutsigbarheten i taktproduksjon til å forhandle ned priser, da fremstår det som rett og rimelig å også opplyse om potensielle ulemper for underentreprenørene.

### **5.3.7 Tilbakemeldinger fra utførende**

Flere av informantene forteller om positive tilbakemeldinger fra de utførende fagene i prosjekter med takt. Gjengangeren synes å være at det kan være utfordrende å overbevise underentreprenører som ikke har erfaring med metoden fra før. Det er ulike modeller for å "få underentreprenørene med". Basert på tilbakemeldingene kan det se ut til at de fleste underentreprenørene innser verdien med taktproduksjon underveis i prosjektet. Det kan derfor være fornuftig å ha taktproduksjon som en forutsetning slik at man forplikter seg til å delta i opplæring og planlegging allerede på kontraheringsstadiet.

Tilbakemeldingene fra de utførende er spesielt opptatt av fordelene av å arbeide alene i et kontrollområde. Flere beskriver hvordan fraværet av plunder og heft har gjort at de sparer mange timeverk sammenliknet med andre prosjekter. Dette reiser et interessant prinsipielt spørsmål. For totalentreprenører som tar i bruk taktproduksjon vil det kunne oppstå en situasjon hvor mesteparten av gevinsten tilfaller underentreprenører som sparer vesentlige timeverk i en fastpriskontrakt. Man kan derfor stille spørsmål ved hva som motiverer totalentreprenørene for å ta i bruk taktproduksjon.

Et argument er at man over tid vil kunne få lavere innkjøpspriser i prosjekter med takt, det beskriver også en av informantene at han har diskutert med noen underentreprenører. Samtidig får også totalentreprenøren noen umiddelbare effekter, som er diskutert tidligere i dette kapittelet. Man er allikevel avhengig av at totalentreprenørene har et langsiktig perspektiv for at man økonomisk skal finne gode grunner til å ta metoden i bruk.

## 5.4 Perspektiver på fremtiden

De fleste av informantene er innehar stillinger som gir de en aktiv rolle i videreutvikling av produksjonssystemer i norsk byggebransje. Det er derfor interessant å nevne de fremtidsperspektivene som presenteres.

Det mest håndfaste perspektivet er mangelen på tilfredstillende programvare. I en bransje som satser omfattende på digitalisering fremstår det som et paradoks at man ikke har utviklet bedre digitale verktøy for fremdriftsplanlegging med takt. Det kan tenkes at dette skyldes den fremdeles sterke posisjonen til MS Project <sup>11</sup>, både hos entreprenører og utdanningsinstitusjoner. Det kan også skyldes at taktproduksjon ofte mangler en strategisk forankring i prosjektene. Når metoden stort sett implementeres på prosjektnivå er det vanskeligere å drive et utviklingsarbeid av ny programvare.

Samtidig viser programvaren til Hent at det er mulig å utvikle programvare på selskapsnivå, den aktuelle programvaren er bevisst holdt internt, fordi man antar at det gir et konkurransefortrinn. Det bør være et godt argument både for andre entreprenører og eventuelle tredjepartsleverandører for å starte utviklingen av programvarer.

---

<sup>11</sup>Prosjektsstyringsverktøy primært brukt med aktivitetsbaserte metoder, se <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/project/project-management-software?market=no>





## Kapittel 6

---

### Konklusjon

---

I denne masteroppgaven var hensikten å kartlegge og beskrive ulike praksiser for taktproduksjon i Norge. Følgende problemstilling skal besvares:

*Hva er beste praksis for taktproduksjon i norsk byggebransje?*

Problemstillingen har blitt detaljert i tre forskningsspørsmål, som er beskrevet i resultatkapittelet og drøftet i diskusjonskapittelet. I dette kapittelet konkluderes det først for de tre forskningsspørsmålene hver for seg, før det trekkes en overordnet konklusjon som svarer ut problemstillingen. Til slutt presenteres forslag til videre forskningsarbeid innenfor tematikken.

### 6.1 Utbredelse av taktproduksjon

Det første forskningsspørsmålet, "Hvor utbredt er taktproduksjon i Norge?", kan best oppsummeres i den vitenskapelige klisjeen: "det kommer an på". Taktproduksjon er en populær metode blant informantene, særlig i prosjekter med høy repeterbarhet. Det kommer likevel an på hva man regner som taktproduksjon. Implementeringen av metoden og modenhetsnivået varierer, det samme gjør begrepsbruken. Kombinasjonen av disse faktorene gjør at det er mulig å diskutere hvorvidt alle praksisene skal regnes som taktproduksjon.

Det vanligste bruksområdet for taktproduksjon i Norge er innredningsarbeider i bolig- og hotellprosjekter. Majoriteten av informantene opplever dette bruksområdet som det naturlige stedet å starte med takt. Enkelte har brukt metoden til andre typer arbeider og man finner eksempler på taktplanlegging av grunnarbeider, prosjektering og fasadearbeider samt i flere prosjekttyper, som næringsbygg og skoler. Takting av denne typen arbeider er likevel mer unntaket enn regelen. Både informantene som har brukt metoden i andre typer arbeider og forskningslitteraturen slår fast at metoden er anvendelig for de fleste typer arbeider og prosjekter, dog med noen tilpasninger. Det konkluderes derfor med at majoriteten av bransjen har utviklingspotensial hva gjelder bruksområdene for taktproduksjon.

Det observeres også at forankringen av taktproduksjon som metode i organisasjonen varierer. Det varierer hvordan de ulike selskapene forholder seg til prosessutviklingsarbeid, men det er likevel en trend at mange av organisasjonene har besluttet en satsing på rammeverkene LPS eller VDC (eller en kombinasjon) og at taktproduksjon som metode er en beslutning som finner sted på prosjektnivå. I henhold til litteraturen er taktproduksjon med høyt modenhetsnivå avhengig av vidtfavnende faktorer på tvers av organisasjonen. Det å gjøre en strategisk beslutning om taktproduksjon på selskapssnivå vil sannsynligvis kunne bidra til å videreutvikle metoden, og dermed også gi større effekter. Det er noe bransjen bør vurdere som en av flere strategier i effektiviseringsarbeidet.

## 6.2 Praksis for taktproduksjon

Det andre forskningsspørsmålet, "Hvordan praktiseres taktproduksjon?", besvares med å beskrive en gjennomsnittlig praksis for taktproduksjon. Majoriteten av informantene har nemlig relativt like praksiser for taktproduksjon, men ingen er helt like. Enkelte praksiser skiller seg ut ved at man har et fundamentalt annerledes syn på graden av involvering, inndeling i kontrollområder og valg av takttid. På grunn av relativt stor likhet i de fleste praksisene er det mulig å beskrive en *gjennomsnittlig* praksis slik:

- De utførende involveres tidlig i planleggingen og fremdriftsplan utarbeides sammen, ofte ved hjelp av bakoverplanlegging.

- Kontrollområdene er tilpasset naturlige skiller (for eksempel leilighetskiller) og har størrelser på 350 - 500  $m^2$ . Takttiden er på en uke (5 arbeidsdager).
- Fremdrift følges opp med en kombinasjon av befaringer på byggeplassen og en møtestruktur inspirert av LPS.
- Grensesnittet mellom tilstøtende fag håndteres i form av en overleveringsprosess. Formaliteten på prosessen varierer.
- Det er liten bevissthet rundt bufferbruk, det vanligste er tidsbuffer plassert i slutten av planen kombinert med bruk av helg som en kombinert kapasitets- og tidsbuffer.
- Modenhetsnivået ligger i gjennomsnitt på nivå 2: sosial integrasjon og taktkontroll. Det er identifisert tre praksiser på nivå 1, og en praksis på nivå 3.

Det mest oppsiktsvekkende med dette forskningsspørsmålet er hva man *ikke* fant om variabilitet og buffere. Det er en gjentakende liten bevissthet knyttet til håndteringen av variabilitet i byggeprosesser, flere av informantene har et helt ubevisst forhold til buffere og bruker i stor grad implisitte buffere. Det medfører, i tråd med bufferloven, en kombinasjon av oppblåst gjennomføringstid (ofte manifestert som unødvendig store tidsbuffer mot slutten av byggeprosessen) og bortkastet kapasitet. Det er ser ut til å være stort forbedringspotensiale i håndteringen av variabilitet i de fleste praksisene, en kombinasjon av opplæring og holdningsendringer vil kunne bidra til vesentlig reduksjon av sløsing.

### 6.3 Erfaringer og resultater med taktproduksjon

Det tredje og siste forskningsspørsmålet, ”Hvilke erfaringer og resultater har taktproduksjon i norsk byggebransje?”, bærer preg av en generell mangel på *måling* av produksjonssystemene i bransjen. Det gjennomføres lite relevante målinger, noe som gjør det vanskelig å si noe konkret om effektene av metoden. Det er identifisert et prosjekt, som under spesielle omstendigheter, målte hele 88% reduksjon i gjennomføringstid. Utover denne ene målingen er erfaringer og resultater stort sett i form av informantenes *opplevelser* av taktproduksjon. De viktigste erfaringene er:

- Majoriteten av informantene har en opplevelse av at gjennomføringstiden reduseres. De fleste ville økt gjennomføringstiden dersom de måtte planlegge aktivitetsbasert.
- Enkelte har positive erfaringer med prøvetog, men det er usikkert om fordelene er verdt kostnaden i mindre prosjekter.
- De fleste informantene trekker frem *forutsigbarheten* til taktproduksjon som den viktigste enkeltfaktoren til at de fortsetter å bruke metoden.
- Man har klare indikasjoner på at kvalitetsstyring blir bedre med taktproduksjon, fordi det blir enklere å kontrollere kvalitet underveis.
- Flere informanter opplever store gjentakelseeffekter, både for de enkelte arbeidsstasjonene, men også for selve planverket når man har flere like bygg.
- Det må, med taktproduksjon, gjøres en avveinering mellom prosess- og operasjonsflyt som kan føre til mindre gunstige vilkår for enkelte arbeidsstasjoner.
- Informantene har stort sett positive tilbakemeldinger fra de utførende, som setter pris på ryddighet, forutsigbarhet og enfagligheten i taktproduksjon. Enkelte har hatt utfordringer med å overbevise underentreprenører om metoden i oppstartsfasen.

## 6.4 Oppsummering av konklusjon

Problemstillingen til masteroppgaven, ”Hva er beste praksis for taktproduksjon i norsk byggebransje?”, er forsøkt besvart gjennom de tre forskningsspørsmålene. Det viser seg at det ikke lar seg gjøre å besvare problemstillingen med en konkret praksis. Konklusjonen på de tre forskningsspørsmålene gir likevel klare indikasjoner på hva som kan regnes som beste praksis.

Taktproduksjon er mest brukt, og ofte også enklest å ta i bruk, i innredningsarbeider i prosjekter med høy repeterbarhet. Metoden er i liten grad forankret i organisasjonenes strategier og er oftest besluttet på prosjektnivå. Implementeringen av metoden varierer, men det vanligste i Norge

er høy grad av involvering, ukestakt og kontrollområder med naturlige skiller. Dagens praksis har vesentlige mangler i form av variabilitet og buffere.

Med dagens praksis kan man likevel forvente positive effekter i form av redusert gjennomføringstid, høyere forutsigbarhet og bedre muligheter for kvalitetsstyring underveis. Man bør være obs på at det kan oppstå situasjoner hvor enkelte arbeidsstasjoner får redusert operasjonsflyt for å ivareta prosessflyten i prosjektet.

## 6.5 Videre forskning

Masteroppgaven utfører en kartlegging av taktproduksjon i 7 av de 20 største totalentreprenørene, en byggherreorganisasjon og et konsulentfirma, på jakt etter beste praksis. Til tross for at alle informantene på et eller annet vis har vist interesse for taktproduksjon er det naturlig å tenke seg at det også finnes andre perspektiver som er interessante. Videre arbeid kan derfor være å kartlegge flere former for taktproduksjon samt flere perspektiver på metoden. Førstnevnte vil kunne dreie seg om andre totalentreprenører i byggebransjen, men også flere byggherreorganisasjoner eller entreprenører i tilstøtende bransjer, som anleggsbransjen. Sistnevnte kan være særlig interessant i konteksten av underentreprenører, som gjerne er de som opplever effektene av taktproduksjon først.

Samtidig kan en grundigere kartlegging av praksisene som er beskrevet i denne oppgaven være interessant. Oppgaven gjør blant annet en vurdering av modenhetsnivå (se [tabell 4.4](#)) basert på informasjon som fremkommer i et intervju med en representant fra bedriften. Det kan være interessant å gjøre en grundigere vurdering av modenhetsnivåene i ulike bedrifter for å få en bedre forståelse av modenheten.

Som oppgaven flere ganger påpeker er det en påfallende mangel på produksjonsmåling i bransjen. Videre arbeid kan derfor være enten å utføre målinger, eller drive et utviklingsarbeid for hvordan målinger kan gjennomføres i en norsk kontekst. Det vil være interessant for å kunne tallfeste effekter av taktproduksjon spesielt, men også være viktig for å drive effektiviseringsarbeid generelt.

Flere av informantene trekker også frem manglende programvareløsninger til å drive taktproduksjon på en hensiktsmessig måte. Et siste forslag

til videre forskning er derfor å kartlegge, eventuelt utvikle, programvarealternativ som tilfredsstillende kravene til norske entreprenører.

---

## Bibliografi

---

- Alhava, Otto mfl. (2019). «Can a Takt Plan Ever Survive Beyond the First Contact With the Trades On-Site?» I: 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), s. 453–464.
- Ardila, F. og A. Francis (2020). «Spatiotemporal Planning of Construction Projects: A Literature Review and Assessment of the State of the Art». I: *Frontiers in Built Environment* 6.
- Ballard, Glenn (2000). «The Last Planner System of Production Control». d\_ph. University of Birmingham. 193 s.
- Ballard, Glenn, Jamie Hammond og Romano Nickerson (2009). «Production Control Principles». I: *th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, s. 12.
- Ballard, Glenn og Gregory A Howell (2003). «AN UPDATE ON LAST PLANNER». I: s. 13.
- Ballard, Glenn og Tommelein (2016). «Current Process Benchmark for the Last Planner System». I: s. 42.
- Binnering, Marco, Janosch Dlouhy og Shervin Haghsheno (2017). «Technical Takt Planning and Takt Control in Construction.» I: 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, s. 605–612.
- (2019). «Flow in Takted Projects – A Practical Analysis of Flow and Resource Efficiency». I: 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), s. 1271–1282.
- Binnering, Marco, Janosch Dlouhy, Mathias Müller mfl. (2018). «Short Takt Time in Construction – a Practical Study». I: 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, s. 1133–1143.
- Bulhões, Iamara Rossi, Flavio Augusto Picchi og Ariovaldo Denis Granja (2005). «Combining Value Stream and Process Levels Analysis for Continuous Flow Implementation in Construction». I: s. 9.

- Bygg 21 (2018). *Enkelt Og Presist - Nødvendig Kunnskap Om Bygg- Og Eiendomsnæringens Utvikling*. Etter oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet.
- (2019). *Industrialisering Av Byggeprosjekter*. Etter oppdrag fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet.
- Bygg.no (2021). *Bygg.no - 100 største, 2018*. Bygg.no - Byggeindustrien. URL: <http://www.bygg.no/> (sjekket 26.02.2021).
- Dlouhy, Janosch, Marco Binnering og Shervin Haghsheno (2019). «Buffer Management in Takt Planning – An Overview of Buffers in Takt Systems». I: 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), s. 429–440.
- Drevland, Frode (2019). «Optimising Construction Projects as Value Delivery Systems - Expanding the Theoretical Foundation». PhD Dissertation. Trondheim: NTNU.
- Falagas, Matthew E. mfl. (2008). «Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: Strengths and Weaknesses». I: *The FASEB Journal* 22.2, s. 338–342. ISSN: 1530-6860.
- Frandsen, Klas Berghede og Iris D. Tommelein (2013). «Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding». I: 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, s. 527–536.
- Frandsen, Olli Seppänen og Iris D. Tommelein (2015). «Comparison Between Location Based Management and Takt Time Planning». I: 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, s. 3–12.
- Frandsen og Tommelein (2014). «Development of a Takt-Time Plan: A Case Study». I: Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network - Proceedings of the 2014 Construction Research Congress, s. 1646–1655.
- (2016). «Takt Time Planning of Interiors on a Pre-Cast Hospital Project». I: 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.
- Galletta, A. og W.E. Cross Jr. (2013). *Mastering the Semi-Structured Interview and beyond: From Research Design to Analysis and Publication*. Mastering the Semi-Structured Interview and Beyond: From Research Design to Analysis and Publication, s. 245. 1 s.
- Gardarsson, Matthias Helgi (2019). «Taktplanlegging i Porsche Consulting, The Boldt Company Og Veidekke». Master's Thesis. NTNU.
- Gardarsson, Matthias Helgi, Ola Lædre og Fredrik Svalestuen (2019). «Takt Time Planning in Porsche Consulting, the Boldt Company and Veidekke». I: 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), s. 551–562.



- Grant, Maria J. og Andrew Booth (2009). «A Typology of Reviews: An Analysis of 14 Review Types and Associated Methodologies». I: *Health Information & Libraries Journal* 26.2, s. 91–108.
- Haghsheno, Shervin mfl. (2016). «History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control». I: 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.
- Heinonen, Alekski og Olli Seppänen (2016). «Takt Time Planning: Lessons for Construction Industry from a Cruise Ship Cabin Refurbishment Case Study». I: *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Boston, Massachusetts, USA.
- Henrich, Guilherme, Paul Tilley og Lauri Koskela (2005). «Context of Production Control in Construction». I: *Production Planning and Control*, s. 10.
- Hjelseth, Eilif og Tor Tollnes (2019). *BIM! Program Og Prosess, Informasjonsflyt i Byggeprosesser*. NTNU og Oslo Met.
- Holm, Hans Thomas (2021). «Lean Og Agil Tilnærming for Prosjektering Og Bygging» (Statsbygg).
- Holm, Hans Thomas mfl. (12. mai 2018). *Kunst- og designhøyskolen i Bergen - Lean metodikk i praksis*. Bergen: Statsbygg.
- Haarr, Kåre Johan (2016). «Lean Construction i Statsbygg - Casestudie Av et Rehabiliteringsprosjekt». Materoppgave. Trondheim: NTNU.
- Jonsson, Jan (1996). «Construction Site Productivity Measurements : Selection, Application and Evaluation of Methods and Measures». I:
- Kelley, James E. og Morgan R. Walker (1959). «Critical-Path Planning and Scheduling». I: *Papers Presented at the December 1-3, 1959, Eastern Joint IRE-AIEE-ACM Computer Conference on - IRE-AIEE-ACM '59 (Eastern)*. Papers Presented at the December 1-3, 1959, Eastern Joint IRE-AIEE-ACM Computer Conference. Boston, Massachusetts: ACM Press, s. 160–173.
- Kenley, Russell (1. jan. 2004). «Project Micromanagement: Practical Site Planning and Management of Work Flow». I: *The 12th Annual Conference on Lean Construction*.
- Kenley, Russell og Olli Seppänen (2010). *Location-Based Management for Construction Planning, Scheduling and Control*. Red. av Spon Press. Spon Press.
- Kjellen, Urban og Eirik Albrechtsen (7. mar. 2017). *Prevention of Accidents and Unwanted Occurrences: Theory, Methods, and Tools in Safety Management, Second Edition*. CRC Press. 570 s. ISBN: 978-1-4987-3666-4.
- Koskela, Lauri (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Bd. 72. Stanford university Stanford.

- Koskela, Lauri (19. mai 2000). *An Exploration towards a Production Theory and Its Application to Construction*. VTT Technical Research Centre of Finland. ISBN: 978-951-38-5566-6.
- Krafcik, John F. (høst 1988). «Triumph Of The Lean Production System». I: *Sloan Management Review*.
- Kunz, John mfl. (2012). *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions.*” Stanford Center for Integrated Facility Engineering.
- Lean Communications (2021). *Powerpointpresentasjon under Utarbeidelse*.
- Lehtovaara, Joonas, Alekski Heinonen mfl. (2020). «Takt Maturity Model: From Individual Successes Towards Systemic Change in Finland». I: 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), s. 433–444.
- Lehtovaara, Joonas, Olli Seppänen mfl. (5. okt. 2020). «How Takt Production Contributes to Construction Production Flow: A Theoretical Model». I: *Construction Management and Economics* 0.0, s. 1–23. ISSN: 0144-6193.
- Liker, Jeffrey K. og David Meier (2006). *Toyota Way Fieldbook*. McGraw-Hill Education. ISBN: 978-0-07-144893-2.
- Linnik, Meeli og Klas Berghede (2013). «An Experiment in Takt Time Planning Applied to Non-Repetitive Work». I: 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, s. 609–618.
- Liu, Min, Glenn Ballard og William Ibbs (1. okt. 2011). «Work Flow Variation and Labor Productivity: Case Study». I: *Journal of Management in Engineering* 27.4, s. 236–242. ISSN: 1943-5479.
- Moore, Ron (1. apr. 2011). *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools: What Tool? When?* Elsevier. 413 s. ISBN: 978-0-08-046819-8.
- Olsson, Nils (2015). *Praktisk Rapportskrivning*. 2. opplag. Trondheim, Norway: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke.
- Overland, Jan-Arve (2020). *Medie- og informasjonkunnskap - TONE - strategi for kildekritikk - NDLA*. ndla.no. URL: <https://ndla.no/subjects/subject:14/topic:1:185701/resource:1:169741> (sjekket 24.09.2020).
- Pedersen, Torstein Ulla (jun. 2020). «Last Planner i Norsk Byggenæring». Trondheim: NTNU.
- Robson, Colin (2011). *Real World Research*. 3rd. West Sussex UK: John Wiley & sons LTD.
- Røvik, Kjell Arne (2009). *Trender Og Translasjoner: Ideer Som Former Det 21. Århundrets Organisasjon*. 2.opplag. Oslo: Universitetsforlaget.

- Sacks, Rafael (1. sep. 2016). «What Constitutes Good Production Flow in Construction?» I: *Construction Management and Economics* 34.9, s. 641–656. ISSN: 0144-6193.
- Salem, O. mfl. (2006). «Lean Construction: From Theory to Implementation». I: *Journal of Management in Engineering* 22.4, s. 168–175.
- Samfunnsøkonomisk-analyse (2019). *Bokostnadsindeks for Leiligheter i Oslo*. Oslo: Oppdrag av Huseierne.
- Seppänen, Olli (2014). «A Comparison of Takt Time and LBMS Planning Methods». I: 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, s. 727–738.
- Smiseth, Simen (2013). «Taktplanlegging : En God Metode for å Gjennomføre Produksjon i Byggeprosjekter?» Master thesis. Trondheim, Norway: Norwegian University of Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering. 91 s.
- Statsbygg og Hent (16. okt. 2020). *Intern Produksjonsrapport Fra Prosjekt Livsvitenskap*.
- Tjora, Aksel Hagen (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. I samarbeid med Aksel Hagen Tjora. 4. utgave. Oslo: Gyldendal. ISBN: 978-82-05-54653-0.
- Tommelein (2017). «Collaborative Takt Time Planning of Non-Repetitive Work». I: 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, s. 745–752.
- Tommelein, David R Riley og Greg A Howell (1. jan. 1999). «Parade Game: Impact of Work Flow Variability on Trade Performance». I: s. 7.
- Vatne, Mats Erik (2016). «Taktplanlegging Og-Gjennomføring Ved Moholt 50 | 50-Case-Studie». Master's Thesis. NTNU.
- Vatne, Mats Erik og Frode Drevland (2016). «Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study». I: 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.
- Wing, Chau Kwong (jul. 1997). «The Ranking of Construction Management Journals». I: *Construction Management and Economics* 15.4, s. 387–398. ISSN: 0144-6193, 1466-433X.
- Wohlin, Claes (2014). «Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering». I: *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE '14*. ACM, s. 1–10. ISBN: 978-1-4503-2476-2.
- Øygarden, Lars (2019). «Taktplanlegging i Byggeprosjekt – En Casestudie Med Utgangspunkt i Basrollen». Master's Thesis. NTNU.



# Vedlegg



---

## **Innhold**

---

<b>A Vedlegg til metode</b>	<b>159</b>
A.1 Intervjuguide . . . . .	159
A.2 Snowballing . . . . .	162
A.3 Journalsøk . . . . .	163
A.4 Nøkkelliteratur . . . . .	163





---

## Figurer

---

A.1 Flyttdiagram for <i>snowballing</i> . . . . .	162
---	-----



---

## Tabeller

---

A.1	Antall treff i høyt rangerte journaler. . . . .	163
-----	---	-----



## Vedlegg til metode

---

### A.1 Intervjuguide

#### Bakgrunnsinformasjon

- Navn, selskap og stilling.
- Utdanning og arbeidserfaring
- Hvilken rolle har du i prosjekt?
- Har du fremdriftsansvar?

#### Om prosjektet, og fremdriftsplanlegging

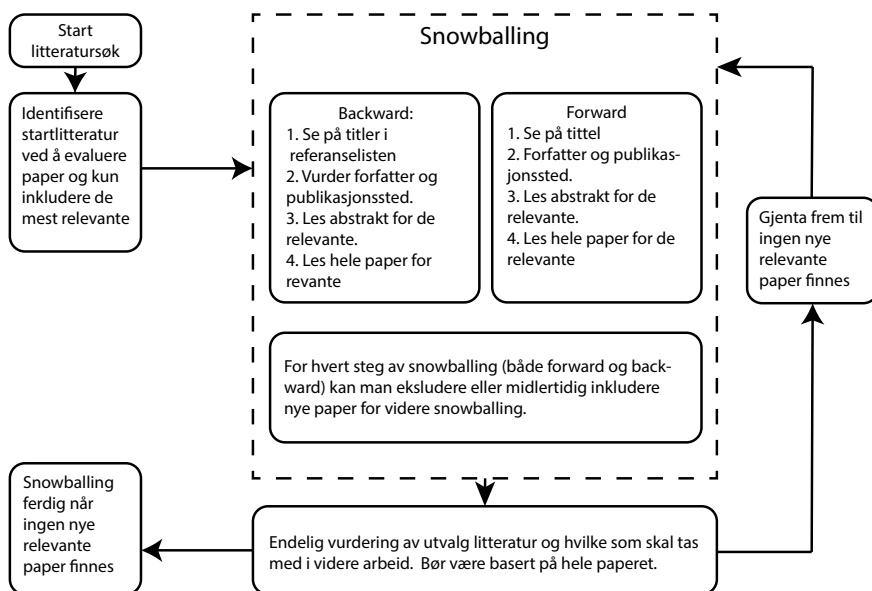
- Type prosjekt, størrelse, planlagt byggetid og omtrentlig kontraktsverdi
- Hvordan planlegger dere vanligvis fremdrift?
  - Hvorfor valgte dere å gjøre det slik?
  - Hvordan utarbeides planen?
  - Hvilke erfaringer har dere med metoden?

#### Detaljerte spørsmål relatert til takt

- Hvor mye brukes taktplanlegging i bedriften?
  - Er det variasjoner mellom type prosjekt?
  - Er det variasjoner mellom ulike regioner / kontorer?
- Hva er de styrende parameterne når en fremdriftsplan utarbeides?
  - I hvilken grad involveres underentreprenører i planleggingsarbeidet?
  - Hvordan er kontrollområder definert?
  - Hvilke fagområder er styrende for takttid og kontrollområder ved konflikt?
  - Hvis noen områder er unntatt taktplanen for å fungere som oppgavebuffer: hvorfor ble det disse områdene? Og hvordan har det fungert? Har dere vurdert å takte mer/mindre?
- Hvordan kontrolleres fremdrift?
  - Når og hvordan kontrollerer dere fremdrift?
  - Hva er målet med kontrollen?
  - Hvordan fungerer det?
  - Hvordan er rutinen for overlevering av områder?
- Hvordan «få med» underentreprenører?
  - Kontraktsfestes det?
  - Hvilke tilbakemeldinger får dere fra UE?
- Hvordan håndterer dere usikkerhet?
  - Bufferbruk – Tid? Kapasitet? Annet?
  - Hva skjer ved en eventuell forsinkelse? Feks forsinket materialleveranse.
  - Hvordan planlegges logistikkleveranser?
  - Ved underlastede vogner (evt. Læringseffekt) hvordan utnyttes ledig arbeidstid? Klarer UE å planlegge for overføring til andre prosjekt, brukes oppgavebuffer eller tar man tidlig helg?
- Hvilke konkrete erfaringer har dere?
  - Hvilke konsekvenser har metoden for byggeledelsen?

- Merker dere forskjell i kvalitet?
  - Gir taktplanlegging kortere gjennomføringsid?
  - Klarer dere å holde takten?
  - Har dere målinger / data som kan si noe om produktivitetseffekten? feks forbruk av timeverk? Evt sammenlikningsgrunnlag?
  - Tilbakemeldinger fra UE?
  - Bruker dere nøkkeltall (KPIer) for å monitorere produksjonen? Måler dere PPU?
- Tror du dere kommer til å bruke taktplanlegging mer i fremtiden?

## A.2 Snowballing



Figur A.1: Flytdiagram for *snowballing*, basert på Wohlin (2014).



## A.3 Journalsøk

Tabell A.1: Antall treff i høyt rangerte journaler, basert på Wing (1997).

<b>Journaltittel</b>	<b>Kode</b>	<b>Rangering</b>	<b>Treff</b>
<i>Construction Management and Economics</i>	CME	1	4
<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	CEM	2	3
<i>Engineering, Construction and Architectural Management</i>	ECA	3	2
<i>Journal of Management in Engineering</i>	JME	4	3
<i>Proceedings of Institution of Civil Engineers - Civil Engineering</i>	ICE	5	0
<i>International Journal of Project Management</i>	JPM	6	2
<i>International Journal of Construction Information Technology</i>	CIT	7	2
<i>Automation in Construction</i>	AIC	8	11
<i>Transactions of American Association of Cost Engineers</i>	AAC	9	0
<i>Journal of Construction Procurement</i>	JCP	10	0

## A.4 Nøkkelliteratur

---

<b>Tittel</b>	<b>Forfatter</b>
<i>Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding</i>	Frandsen, Berghede mfl. (2013)
<i>Takt Time Planning of Interiors on a Pre-Cast Hospital Project</i>	Frandsen og Tommelein (2016)
<i>Takt Time Planning: Lessons for Construction Industry from a Cruise Ship Cabin Refurbishment Case Study</i>	Heinonen og Seppänen (2016)
<i>Collaborative Takt Time Planning of Non-Repetitive Work</i>	Tommelein (2017)
<i>Technical Takt Planning and Takt Control in Construction</i>	Binninger, Dlouhy og Haghsheno (2017)

---

