

Lars Øygarden

## Taktplanlegging i byggeprosjekt

- En casestudie med utgangspunkt i basrollen

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk (2-årig)

Veileder: Frode Drevland

Juni 2019



Lars Øygarden

## Taktplanlegging i byggeprosjekt

- En casestudie med utgangspunkt i basrollen

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk (2-årig)

Veileder: Frode Drevland

Juni 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk



Norwegian University of  
Science and Technology



## Forord

Denne oppgaven er en masteroppgave i emnet prosjektledelse, i forbindelse med gjennomføring av 2-årig masterprogram ved studieprogrammet bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Arbeidet med oppgaven omfatter selvstendig prosjekt- og rapportarbeid med veiledning, og utgjør en studiebelastning på 30 studiepoeng. Rapporten er en videreføring av tidligere innleverte arbeider, som omfatter både metodearbeid, litteratursøk og fordypningsprosjekt høsten 2018.

For gjennomføring av oppgaven, er det inngått et samarbeid med Veidekke. Veileder ved Institutt for bygg- og miljøteknikk har vært Frode Drevland, og veileder hos samarbeidsbedriften Veidekke har vært Vegard Hjelden.

Bakgrunnen for oppgaven ligger i byggebransjens ønske om å prøve ut nye metoder for å øke produktiviteten. Tema for masteroppgaven er taktplanlegging i byggeprosjekter, med vinkling mot basrollen. Forskningen er lagt opp som en casestudie av byggeprosjektet NærByen i Trondheim, som benytter seg av takt som planleggings- og gjennomføringsmodell. Datainnsamlingen i casestudien er gjennomført som intervjuer, observasjoner og dokumentstudier.

Jeg vil takke universitetslektor Frode Drevland, for veiledning og anbefaling av litteratur. Takk rettes også til Veidekke, representert av anleggsleder Vegard Hjelden, for hjelp til koordinering av intervjuer og observasjoner, samt veiledning underveis i prosessen. Jeg vil også takke basene på prosjektet, som har stilt opp til intervjuer og delt av sin kunnskap og erfaring.

Lars Øygarden

Trondheim, 11. juni 2019

## Sammendrag

Nedgang i produktivitet og en draging mot mer autoritære byggeplasser, har vært tendenser i byggebransjen i flere tiår. Undersøkelser tyder på at store verdier i dag forsvinner gjennom usynkroniserte byggeprosesser, preget av unødig ventetid, dårlig kommunikasjon, dobbeltarbeid, misforståelser, over- eller underprosjektering, tungvinte systemer og gammeldagse, manuelle metoder. Erfaringer tilsier at planer som kommer ovenfra, ikke er gode nok og tar ikke de nødvendige hensyn til utførelsen. Implementeringen av involverende planlegging og taktplanlegging tar sikte på å flytte planleggings- og beslutningsmyndighet tettere opp mot utførelsen av arbeidsoppgaver. Basene gis en framskutt rolle i planlegging, produksjon og forbedringsarbeid. Den underliggende tankegangen bak involvering av basene i taktplanleggingen, er at de utførende selv vet best hvordan produksjonen bør legges opp.

Taktplanlegging er en metodisk tilnærming til fremdrifts- og produksjonsplanlegging i byggeprosjekter, inspirert av samlebåndsindustrien. Gjennom inndeling i og sekvensering av kontrollområder og arbeidsoperasjoner, handler takt om å øke verdiskapingen for kunden ved å redusere sløsing. Dette oppnås gjennom kontinuerlig arbeidsflyt i produksjonen, der man har stor grad av forutsigbarhet. For å utvikle en detaljert og pålitelig taktplan, involveres basene tidlig i planleggingsprosessen.

Hensikten med forskningen i denne oppgaven er undersøke basrollen i et byggeprosjekt som benytter seg av taktplanlegging. Problemstillingen er utarbeidet etter ønsket om å studere basrollen i kombinasjon med takt, og er som følger:

*«Hvordan kan man best mulig utnytte basene og deres kompetanse og erfaring i planleggings- og produksjonsprosessen, i byggeprosjekter som benytter seg av takt?»*

I forbindelse med oppgaven er det gjennomført en litteraturstudie, med den hensikt å etablere et teoretisk rammeverk. Teorien setter takt og basrollen i sammenheng med etablert teori og danner fundamentet for forskningen. Studien er gjennomført som en casestudie av et byggeprosjekt, der datainnsamlingen baserer seg på dokumentstudier, intervjuer og observasjoner.

Dokumentanalysen viser en tydelig sammenheng mellom tidligere prosjekter og teori, og gjennomføringen av taktplanleggingen i casen. Resultatene tyder på at det var satt av både tilstrekkelig med tid og ressurser, i forhold til byggets kompleksitet. Bedriften som er ansvarlig for å koordinere takten, må besitte nødvendig kompetanse og ressurser. I taktworkshopene må basene få spillerom, men funksjonærer med kompetanse må være tilstede for å veilede og styre prosessen. Forankringen av taktplanen blant de utførende har vært god i prosjektet. Resultatene tyder på at innstilling, engasjement og forpliktelse, god oppstart og insentiver, alle er viktige faktorer for å forankre taktplanen.

Tilrettelegging for å optimalisere basenes påvirkning, skjer hovedsakelig gjennom tidlig involvering i planprosessen. Involvering av basene tidlig i planprosessen, gjør at man har den nødvendige kompetansen og erfaringen, som kreves for å etablere en gjennomførbar og pålitelig taktplan. I produksjonen bør basene fokusere på å tilrettelegge for takten og koordinere takten mellom vognene. I den sammenheng indikerer resultatene at vandrende basmøter vil være gunstig, spesielt i oppstartsfasen.

Ved å drive relasjonsbygging mellom basene og fagene, legger man til rette for god kommunikasjon og samhandling. Videre vil dette føre til at problemer løses på lavest mulig nivå ute i produksjonen, og bidra til at avklaringer og beslutninger tas tidlig og på riktig grunnlag. Basert på erfaringene fra planprosessen og etter oppstart produksjon, er basene entydige i sine svar om at taktplanlegging er noe de foretrekker foran andre, planleggings- og produksjonstilnærminger.

Aktuelle videre arbeider kan være å følge basene tettere produksjonsfasen, eventuelt knytte forskningen opp mot et ferdig prosjekt. Forskningen kan da se på erfaringer fra hele prosessen, fra planlegging til ferdigstilling. Milepælsakkord, som insentiv i taktproduksjon, vil være aktuelt å vurdere og sammenligne mot tradisjonelle akkordtilnærminger. En mulighet er å knytte forskningen opp mot flere caser, med en mer kvantitativ tilnærming der man etablerer erfaringstall. Interessante målinger i den forbindelse kan være status ved overlevering av vognene, timeverk forbrukt opp mot planlagt og justeringer av bemanning.

## Abstract

Productivity decline and a move towards more authoritarian construction sites have been trends in the Norwegian construction industry in recent decades. Research indicates that great values in construction today, are disappearing through unsynchronized building processes, characterized by unnecessary waiting time, poor communication, production errors, misunderstandings, inconvenient systems and old-fashioned manual methods. In addition, there is often a lack of transparency and trust between the involved parties, which in the worst case leads to conflicts and waste of resources. Experience suggests that plans coming from above, are inadequate and does not take the necessary considerations into account for the execution. The implementation of involved planning and takt-time planning aims to move planning and decision-making authority closer to the execution of work. The trade foremen are given an advanced role in planning, production and improvement work. The underlying idea behind the involvement of the foremen early in the planning process, is that the executives themselves know best how the production should be planned and conducted.

Takt-time planning is a work structuring method applied to construction projects, derived from principles in the assembly line industry. By dividing and sequencing control areas and work operations, takt-time planning aims to increase value creation for the customer and doing so by reducing waste. This is achieved by improving the work flow and establishing predictability in the production process. To develop a detailed and reliable takt plan, the foremen are involved early in the planning process.

The scope of this thesis has been to study the foreman role in a construction project that utilizes takt-time planning. The thesis addresses the following research question:

*"How can you best utilize the foremen and their expertise and experience in the planning and production process, in construction projects that use takt-time planning?"*

The research started by conducting a literature study, with the intention of establishing a theoretical framework. The theory aims to place takt-time planning and the foreman role in context to relevant established theory. The qualitative research was conducted as a case study of a building project. Data collection in relations to the case are based on document studies, interviews and observations.

The document analysis shows a clear correlation between previous projects and theory, and the use of takt in the case. The results indicate that both time and resources were sufficient for the takt-time planning process, in relation to the complexity of the project. The company that is responsible for coordinating the takt must possess the necessary expertise and resources. In takt-planning workshops, the foremen must be given authority to plan, but managers with expertise must be present to guide and direct the process. The anchoring of the takt plan among the construction works have been successful in the case project. The results indicate that involvement, attitude, commitment, good start-up and incentives, are all important factors for anchoring the plan.

Facilitation to optimize the foremen's ability to impact, occurs mainly through early involvement in the planning process. Early involvement of foremen in the planning process, means that you have the necessary expertise and experience, which is required to establish a feasible and reliable



takt plan. In the production phase, the foremen should focus on facilitating the takt production and coordinating the takt between the involved trades. In this context, the results indicate that wandering foreman meetings will be beneficial, especially in the start-up phase.

By building relationships between the foremen and the trades, one facilitates good communication and collaboration. Furthermore, this will allow problems to be solved at the lowest possible level in production, and to help make clarifications and decisions taken early on the right basis. Based on the experience of the planning process and after some weeks of production, the foremen are unambiguous in their responses that takt-time planning is something they prefer to other planning and production approaches.

Further research could follow the foremen closer in the production phase, or alternatively link the research to one or several finished projects. The research can then look at experiences from the entire process, from planning to completion. Milestone piece pay salary is an incentive that seems fit for takt production, but further research should consider and compare with traditional piece pay salary systems. One possibility is to link the research up to several cases, with a more quantitative approach, where one establishes experience figures. Interesting measurements can be related to the status of handover between takt wagons, hourly work consumed compared to planned and adjustments in staffing.

# Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag .....	ii
Abstract.....	iv
Innholdsfortegnelse.....	vi
Figurliste .....	ix
Tabelliste.....	x
Forkortelser.....	x
1 Innledning .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Formål .....	2
1.3 Problemstilling og forskningsspørsmål.....	3
1.4 Omfang og begrensninger .....	3
1.5 Oppgavens struktur .....	5
2 Samarbeidsbedriften Veidekke .....	6
2.1 Involverende planlegging i produksjon.....	6
2.1.1 Hvorfor involverende planlegging?.....	6
2.1.2 Hindringsanalyse.....	7
2.1.3 Lappeteknikk.....	8
2.2 Taktplanlegging i Veidekke .....	9
3 Metode .....	10
3.1 Valg av forskningsmetode.....	10
3.1.1 Kvalitativ metode.....	10
3.2 Litteraturstudie .....	11
3.2.1 Søkemotorer og databaser.....	12
3.2.2 Kildekritikk, kildeevaluering og utvelgelseskriterier .....	12
3.2.3 Styrker og svakheter ved metoden.....	13
3.3 Casestudie.....	13
3.3.1 Generalisering .....	14
3.3.2 Intervjuer.....	14
3.3.3 Observasjon.....	16
3.3.4 Dokumentstudier.....	18
3.4 Behandling og analyse av data.....	19
3.5 Oppgavens reliabilitet og validitet .....	19
3.6 Feilkilder .....	21

4	Teori.....	23
4.1	Planleggings- og produksjonsteori.....	23
4.2	Toyota production system.....	24
4.2.1	Sløsing og variabilitet.....	25
4.2.2	Push- og pullsystem.....	26
4.2.3	Just-in-time.....	28
4.2.4	Jidoka.....	29
4.2.5	Kaizen.....	29
4.3	Lean construction.....	30
4.4	TFV-teorien.....	30
4.5.1	Transformasjon.....	31
4.5.2	Flyt.....	31
4.5.3	Verdi.....	32
4.6	Aktivitetsbasert planleggings- og styringssystem.....	32
4.6.1	Utfordringer med og kritikk av aktivitetsbasert metode.....	34
4.7	Last Planner System.....	34
4.7.1	Kontroll av produksjonsenhet.....	35
4.7.2	Kontroll av arbeidsflyt.....	36
4.8	Lokasjonsbasert planleggings- og styringssystem.....	38
4.9	Taktplanlegging.....	39
4.9.1	Utviklingen av og introduksjon til taktplanlegging i byggebransjen.....	40
4.9.2	Utarbeidelse av en taktplan.....	40
4.9.3	Taktproduksjon.....	41
4.9.4	Taktkontroll.....	42
4.9.5	Korrektive tiltak og justeringer.....	43
4.9.6	Digitale verktøy og hjelpemidler.....	44
4.9.7	Anvendelse av taktplanlegging.....	44
4.9.8	Porsche-takt.....	45
4.9.9	Utfordringer med takt.....	47
4.10	Kommunikasjon og samhandling i byggeprosjekter.....	48
4.11	Involvering og samspill i byggeprosjekter.....	50
4.12	Basrollen i byggeprosjekter.....	50
5	Casebeskrivelse – NærByen.....	52
6	Resultat.....	54
6.1	Prosessen med å utvikle taktplanen.....	54
6.1.1	Forberedelser før taktplanleggingen.....	54

6.1.2	Gjennomføring av taktplanleggingen .....	55
6.1.3	Taktplanen.....	58
6.2	Tidligere erfaringer, innstilling og opplæring .....	60
6.3	Forankring av taktplanen.....	61
6.4	Basenes rolle i planprosessen.....	62
6.5	Kommunikasjon, samhandling og problemløsning.....	64
6.6	Møter og samlinger .....	65
6.6.1	Oppstartsmøte .....	65
6.6.2	Vandrende basemøte.....	66
6.7	Erfaringer fra taktproduksjonen .....	67
6.8	Fordeler og utfordringer .....	68
6.9	Oppsummering av resultatene .....	70
7	Diskusjon .....	74
7.1	Planlegging og produksjon med takt i casen.....	74
7.1.1	Involverende planlegging og Last Planner System.....	74
7.1.2	Planprosessen.....	75
7.1.3	Taktworkshoper .....	75
7.1.4	Variabilitet og buffere.....	76
7.2	Innstilling, tidligere erfaringer og opplæring .....	77
7.3	Basenes rolle i planlegging og produksjon .....	78
7.4	Kommunikasjon og samhandling.....	79
7.5	Taktplanens forankring hos de utførende.....	80
7.6	Bruken av møter og samlinger .....	81
7.6.1	Oppstartsmøter .....	81
7.6.2	Vandrende basemøte.....	82
7.7	Erfaringer med taktproduksjonen.....	83
8	Konklusjon.....	84
9	Anbefalinger og videre arbeid .....	86
	Referanser .....	87
	Vedlegg .....	93
	Vedlegg 1 – Intervjuguide planprosess.....	I
	Vedlegg 2 – Intervjuguide produksjon oppsummerende .....	III
	Vedlegg 3 – Observasjonsnotat taktworkshop.....	IV
	Vedlegg 4 – Observasjonsnotat oppstartsmøte .....	V
	Vedlegg 5 – Observasjonsnotat vandrende basemøte .....	VI
	Vedlegg 6 – Taktplan.....	VII

## Figurliste

Figur 1 - Usynkronisert og kostbar prosess til venstre. Synkronisert prosess (beste praksis) til høyre (Bygg21, 2019a).	1
Figur 2 - Aktiviteters tidsforbruk i et typisk byggeprosjekt (Andresen, et al., 2014).	7
Figur 3 - De syv forutsetningene for en sunn aktivitet (Andresen, et al., 2014).	7
Figur 4 - Eksempel på resultatet etter en økt med lappeteknikk.	8
Figur 5 - Oversikt over oppgavens forskningsdesign	11
Figur 6 - Oversikt over hvordan TPS er bygd opp, representert ved et "hus" (Lean Enterprise Institute, u.d.)	24
Figur 7 - Illustrasjon av et push-system (Mordal, 2014)	27
Figur 8 - Illustrasjon av et pull-system (Mordal, 2014)	28
Figur 9 - Demings sirkel for kontinuerlig forbedringsarbeid, fritt etter Kjellén og Albrechtsen (2017).	29
Figur 10 - Produksjonsprosessen sett fra et transformasjonsperspektiv, som deles inn i et hierarki av delprosesser (Koskela, 2000).	31
Figur 11 – Verdiskapning i relasjonen mellom leverandør og kunde, fritt etter (Koskela, 2000)	32
Figur 12 - Nettverksplanlegging for å etablere kritisk vei i et prosjekt med aktiviteter A til F, rød strek indikerer kritisk vei (ProsektNorge, u.d.)	33
Figur 13 - Flyttdiagram med oversikt over innholdet i LPS (Ballard, 2000).	35
Figur 14 - En oversikt over planleggingshierarkiet som utgjør LPS (Richert, 2017).	38
Figur 15 - Flytlinje for tre aktiviteter med balansert produksjonsrate (Seppänen, 2016).	39
Figur 16 - Taktplanlegging bilindustrien og byggebransjen (Mordal, 2014)	45
Figur 17 - Eksempel på etasjevis inndeling i og sekvensering av kontrollområder i et leilighetsbygg (Veidekke, 2018).	46
Figur 18 -Utklipp fra eksempel på fremdriftsplan i Excel etter taktprinsippet (Veidekke, 2018)	46
Figur 19 - Illustrasjon av den kontinuerlige forbedringsprosessen mot en stabil prosess (Mordal, 2014)	47
Figur 20 - Tillitt og effektivitet i byggeprosesser (Bygg21, 2019b).	49
Figur 21 - Resultater fra survey om kommunikasjon i byggeprosjekter (Røsdal & Ørstavik, 2011).	51
Figur 22 - Illustrasjon av første byggetrinn NærByen (Adresseavisen, 2018)	52
Figur 23 – Plantegning blokker i første salgstrinn	53
Figur 24 - Vertikal fremstilling av soneinndeling og produksjonsrekkefølge	55
Figur 25 - Resultatet etter en økt med lappeteknikk, gjennomført i casen	56
Figur 26 - Utdrag fra taktplanen i Excel. Utklippet viser de 15 vognene i takttoget og de forberedende aktivitetene.	58

## Tabelliste

Tabell 1 - Oversikt over gjennomførte intervjuer i forbindelse med planleggingsprosessen .....	16
Tabell 2 - Oversikt over gjennomførte observasjoner .....	18
Tabell 3 - Oversikt over dokumenter som er inkludert i dokumentstudiet .....	19
Tabell 4 – Eksempel på beregning av forventet varighet basert på tripplestimer .....	34
Tabell 5 - Liste på innhold i prosjektet .....	52
Tabell 6 - Fremstilling av produksjonsrekkefølgen for én runde med takttoget.....	59
Tabell 7 – Slutfaseplan .....	59

## Forkortelser

<b>Forkortelse</b>	<b>Forklaring</b>
BIM	Building Information Modelling
CPM	Critical path method
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
IP	Involverende planlegging i produksjon
IPD	Integrated Project Delivery
JIT	Just-in-Time
LBMS	Location-Based Management System
LC	Lean Construction
LCI	Lean Construction Institute
LP	Lean Production
LPS	Last Planner System
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PPU	Prosent Plan Utført
PUKK	Planlegge, Utføre, Kontrollere, Korrigere
TFV	Transformasjon, Flyt, Verdi
TMR	Tasks Made Ready
TPS	Toyota Production System
VDC	Virtual Design and Construction
WBS	Work breakdown structure

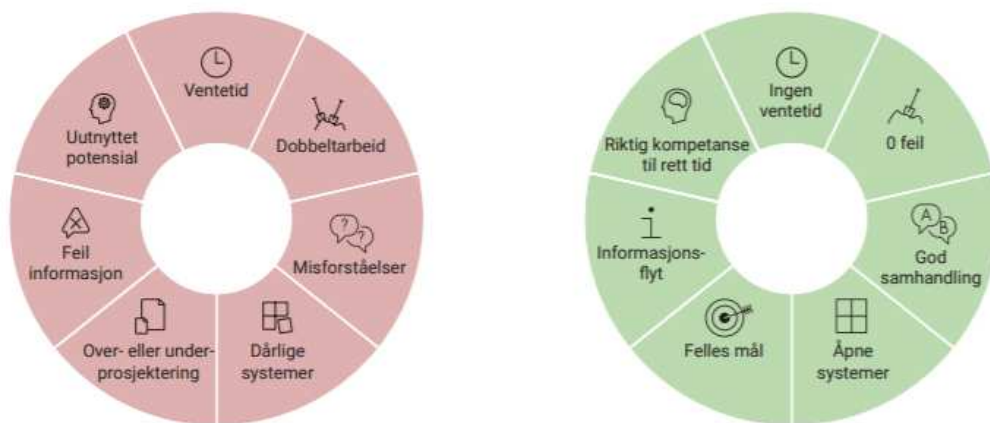
# 1 Innledning

I dette kapittelet skal det redegjøres for rammeverket for gjennomføringen av masteroppgaven. Dette omfatter en beskrivelse av bakgrunnen til og formålet med oppgaven, presentasjon av problemstilling med tilhørende forskningsspørsmål og begrunnelse for oppgavens omfang og avgrensninger. Avslutningsvis presenteres det en punktvis oversikt over oppgavens innhold og struktur.

## 1.1 Bakgrunn

En av de største utfordringene, om ikke den største, byggenæringen står overfor er produktiviteten. Statistisk sentralbyrå (SSB) anslår at produktiviteten har falt med 10 % siden årtusenskiftet frem til 2016 (Todsén, 2018). Samtidig har produktiviteten i privat markedsrettet fastlandsvirksomhet økt med omkring 30 %. Bak tallene kan det ligge flere årsaker, SSB nevner blant annet økt arbeidsinnvandring, språkproblemer, økt kompleksitet, strengere byggetekniske krav og måleproblemer. Produktivitetmålinger er et viktig argument når byggenæringens effektivitet skal vurderes. Langlo et al. (2013) poengterer at statistikken ikke alltid representerer helheten, men ofte bare deler av et meget komplekst bilde. Det er utfordrende å sammenligne produktivitetstall fra byggenæringen, da produktene er sammensatte, unike og komplekse.

Samtidig opplever aktørene i bransjen stor konkurranse om prosjekter og ser seg om etter nye og mer produktive metoder å planlegge og gjennomføre prosjekter på. Bygg21 (2019a) har i sin rapport om industrialisering av byggeprosjekter, pekt på at store verdier i dag forsvinner gjennom usynkroniserte byggeprosesser, preget av unødige ventetid, dårlig kommunikasjon, dobbeltarbeid, misforståelser, over- eller underprosjektering, tungvinte systemer og gammeldage, manuelle metoder.



Figur 1 - Usynkronisert og kostbar prosess til venstre. Synkronisert prosess (beste praksis) til høyre (Bygg21, 2019a).

Til venstre i Figur 1 vises 6 av de vanligste årsakene til byggeprosjekter sliter med produktiviteten. Til høyre er byggeprosessen presentert slik Bygg21 (2019a) vurderer beste praksis.

Bygg21 (2019b) trekker også frem manglende tillit mellom aktørene og dårlig samhandling og kommunikasjon, som gjentakende utfordringer i norske byggeprosjekter. Dårlig samhandling og kommunikasjon er ofte årsakene til tilbakevendende problemer knyttet til utydelighet, uforutsigbarhet, konflikter, dårlige løsninger, feilproduksjon og sløsing med tid og ressurser. Forskning og erfaring indikerer at samhandling bidrar til mer effektiv prosjektgjennomføring, mer robuste planer, færre tvister, færre feil og bedre løsninger.

Taktplanlegging er en metode for å strukturere og planlegge produksjon i byggeprosjekter (Frandsen, et al., 2015). Metoden tar sikte på å redusere sløsing, ved å balansere arbeidsflyten. Prosjektet deles inn i soner eller kontrollområder, som sekvenseres hensiktsmessig. Deretter fastsettes en takttid, som alt arbeid i sonene ferdigstilles etter. Alt arbeid som skal gjennomføres i sonene identifiseres og sekvenseres. Veidekkes tilnærming til taktplanlegging stammer fra Porsches takt-modell. Porsche visualiserer byggeprosessen med takt, som et tog med vogner (Andersen, 2016). Toget består av vogner (arbeidsoperasjoner eller fag) i en bestemt rekkefølge, basert på deres avhengigheter til hverandre. Hver vogn tildeles et arbeid som innen takttiden skal fullføres i en sone, før toget kjører videre.

Norsk Ledelsesbarometer rapporterte i april 2019 at nesten halvparten av ledere i bygg- og anleggsbransjen mener norske byggeplasser blir mer og mer autoritære (Byggfakta, 2019). Dette betyr at den jevne arbeidstakers innflytelse og medbestemmelse stadig innskrenkes. Konsekvensen av å begrense frihet og innflytelse, kan bli mangel på innovasjon, kreativitet og initiativ. I denne sammenhengen kan man trekke inn Veidekkes involverende planlegging. Arbeidet med IP er et ledd i Veidekkes forbedringsarbeid, hvor målet er å redusere tapt tid, fjerne farer og skape flyt i produksjonen (Andersen, et al., 2014). Tilnærmingen til å oppnå dette, er at alle skal delta i planleggingen av egen arbeidshverdag. Basrollen i taktplanlegging er et tema som det er skrevet lite om og oppgaven tar sikte på å bidra til å tette kunnskapsgapet.

Veidekke Entreprenør Distrikt Trondheim har i de siste tiårene vært ledende innen utviklings- og forbedringsarbeid innen byggenæringen i Norge. Taktplanlegging har de siste årene vært et av satsingsområdene, og en rekke prosjekter har i mer eller mindre grad prøvd ut denne metoden for å drive fremdrifts- og produksjonsplanlegging på. Masteroppgaven skal knytte den teoretiske delen av sivilingeniørutdanningen opp mot prosjektrelatert praksis i Veidekke. Gjennom oppgaven ønsker studenten å øke sin faglige tyngde og bidra til forbedring og utvikling av taktplanlegging slik det benyttes i dag.

## **1.2 Formål**

Masteroppgavens formål er å undersøke hvordan taktplanlegging benyttes i Veidekke og konkret i casen forskningen er knyttet til. Studien fokuserer på basene, og deres rolle i planlegging og produksjon med takt. Oppgaven skal vurdere hvordan basenes erfaring og kompetanse kan utnyttes optimalt i byggeprosjekter med takt. Eksisterende praksis skal undersøkes og eventuelle forbedringsområder trekkes frem. Med dette skal oppgaven bidra til å øke forståelsen for basrollen og legge et grunnlag for forbedring og utvikling i etterfølgende taktprosjekter.



### 1.3 Problemstilling og forskningsspørsmål

I årets sommerjobb ved et større byggeprosjekt i 300-millionklassen, opplevde jeg logistikk, ryddighet, i tillegg til avhengighetene mellom de ulike fagene, som de største utfordringene for å sikre god produktivitet. Periodevis var produksjonen kaospreget, der en rekke fag arbeidet samtidig og om hverandre i de samme områdene. Byggeprosjekter er dynamiske og en rekke ulike aktører er involvert samtidig, spesielt i innredingsfasen. Taktplanlegging legger, i tråd med involverende planlegging og Last Planner, til rette for at de utførende får en sentral rolle i planleggingsprosessen. I den sammenhengen har basene en sentral rolle, som bindeledd mellom planlegging og produksjon. I denne masteroppgaven ønsker jeg å se hvordan man best mulig kan utnytte deres erfaringer og kompetanse i produksjonsplanleggingen og videre i taktproduksjonen. Temaet for denne masteroppgaven er taktplanlegging, med fokus på hvordan man kan utnytte basenes kompetanse og erfaring i planlegging og produksjon.

Med bakgrunn i dette er følgende problemstilling formulert, som utgangspunkt for forskningsarbeidet:

*«Hvordan kan man best mulig utnytte basene og deres kompetanse og erfaring i planleggings- og produksjonsprosessen, i byggeprosjekter som benytter seg av takt?»*

Forskningsspørsmålene er utarbeidet for å utdype og konkretisere problemstillingen for studien:

- Hvordan fremstår Veidekkes tilnærming til taktplanlegging i forhold til teorien?
- Settes det av tilstrekkelig med tid og ressurser for en optimal gjennomføring av planprosessen?
- Hvordan påvirkes taktplanleggingen av tidligere erfaringer, innstilling og opplæring?
- Hvordan skal man gå frem for å forankre taktplanen hos de utførende?
- Hvordan kan man tilrettelegge for å optimalisere basenes rolle i taktplanleggingsprosessen?
- Hvordan kan man legge til rette for at problemer løses på lavest mulig nivå og bidra til at avklaringer og beslutninger tas tidlig og på riktig grunnlag?
- Hva skal til for at kommunikasjonen og samhandlingen mellom de ulike basene/fagene blir god?
- Hvilke typer samlinger og møter bør gjennomføres i forbindelse med både planlegging og produksjon?
- Hvordan opplevde basene taktproduksjonen, sett i lys av planleggingsprosessen?
- Hvilke fordeler og utfordringer ser basene med bruk av taktplanlegging?

### 1.4 Omfang og begrensninger

Masteroppgaven er gjennomført ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Arbeidet med oppgaven har foregått våren 2019 og omfanget utgjør en studiebelastning på 30 studiepoeng. Tilgjengelig tid, informasjon og ressurser setter klare begrensninger for forskningens omfang.

Forskningsarbeidet er knyttet til én case, som tar for seg et prosjekt som har pågått parallelt med forskningsarbeidet. Ideelt sett kunne flere caser vært implementert for sammenligning, men dette har ikke latt seg gjøre som følge av tilgjengelig tid. Observasjoner og intervjuer er tidkrevende forskningsmetoder og med tanke på tilgjengelig tid og ressurser, samt tilgang på andre lignende caser har det vært nødvendig å begrense studien til én case. Casestudien tar kun for seg planlegging og produksjon som har gjort i forbindelse med takt, og utelater følgelig resten. Det er valgt å fokusere forskningen på basene og dermed blir andre aktuelle informanters perspektiv delvis utelukket. Byggeprosjektet, som utgjør casen, startet planleggingen før studenten startet forskningen, dermed har det ikke vært mulig å følge og observere den første delen av planleggingsfasen. Prosjektet strekker seg langt utover den tiden studenten har til rådighet til oppgaven, dermed vil det ikke være mulig å følge taktproduksjonen til den er ferdig.

Oppgavens teoretiske rammeverk stammer delvis fra litteraturstudie i forbindelse med fordypningsprosjekt høsten 2018, og delvis fra løpende litteratursøk parallelt med masterarbeidet våren 2019. Det er foretatt en revisjon av den teorien som ble skrevet i fordypningsrapporten og samtidig supplert underveis våren 2019. Hensikten med dette er å sikre at teorien er mest mulig relevant til oppgaven slik den ble til underveis i prosessen. Det eksisterer varierende mengde tilgjengelig litteratur. Innen taktplanlegging er mangfoldet av litteratur mindre enn de mer tradisjonelle temaene som faller innen Lean Construction og planleggings- og produksjonsteori. Det er foretatt løpende vurderinger av teorikapittelet, for å begrense dets omfang og sikre relevans.

## **1.5 Oppgavens struktur**

Disposisjonen er utarbeidet for å oppfylle krav til rapportformalitet som stilles til en vitenskapelig rapport, i henhold til NTNUs anbefalinger for oppgavestruktur (NTNU Senter for faglig kommunikasjon, u.d.):

### **1. Innledning**

Kort presentasjon av bakgrunnen for og formål med oppgaven, dens problemstilling og forskningsspørsmål, samt en redegjørelse for omfang og avgrensning for oppgaven.

### **2. Samarbeidsbedriften Veidekke**

Kort introduksjon om bedriften, involverende planlegging og taktplanlegging i Veidekke.

### **3. Metode**

Kort om generelle krav og forventninger som stilles til god metodebruk. Deretter presenteres de metodene som denne rapporten har benyttet seg av, med fokus på hvordan arbeidet har foregått.

### **4. Teori**

Oppgavens teoretiske rammeverk. Her presenteres relevant produksjons- og planleggingsteori. I tillegg presenteres teori som omhandler kommunikasjon, samhandling, involvering og basenes rolle i byggeprosjekter.

### **5. Resultater**

Presentasjon av de konkrete resultater som fremkommer av forskningsarbeidet knyttet til casestudien.

### **6. Diskusjon**

Dette kapittelet inneholder forfatters egen drøfting og vurdering av resultatene, knyttet opp mot relevant teori.

### **7. Konklusjon**

Konklusjonen oppsummerer og fremsetter konkrete svar på problemstillingen, med tilhørende forskningsspørsmål.

### **8. Videre arbeider**

Forslag til videre arbeid og forskning innen temaet presenteres. Dette er aktuelle vinklinger eller videreføringer av oppgaven, som ikke har latt seg gjennomføre i denne oppgaven.

## 2 Samarbeidsbedriften Veidekke

For å sikre at oppgaven forankres i den utførende bransjen er det inngått et samarbeid med Veidekke Entreprenør Trondheim. Dette gjør det mulig for studenten å gjennomføre forskningen opp mot et byggeprosjekt, som er relevant for problemstillingen. Veidekke er en skandinavisk prosjektutvikler og entreprenør med nordisk nedslagsfelt, og Norges største entreprenør. I 2018 omsatte Veidekkes byggevirksomhet omsatte i 2018 for omtrent NOK 35 milliarder, og det gjør bedriften til en betydelig aktør i den skandinaviske byggebransjen (Veidekke, 2019). I sitt kontinuerlige forbedrings- og utviklingsarbeid har Veidekke lagt stor vekt på involvering av medarbeiderne. Dette kapitlet skal gi en innføring i de resultatene som arbeidet har gitt, og hvordan dette henger sammen med taktplanlegging i Veidekke.

### 2.1 Involverende planlegging i produksjon

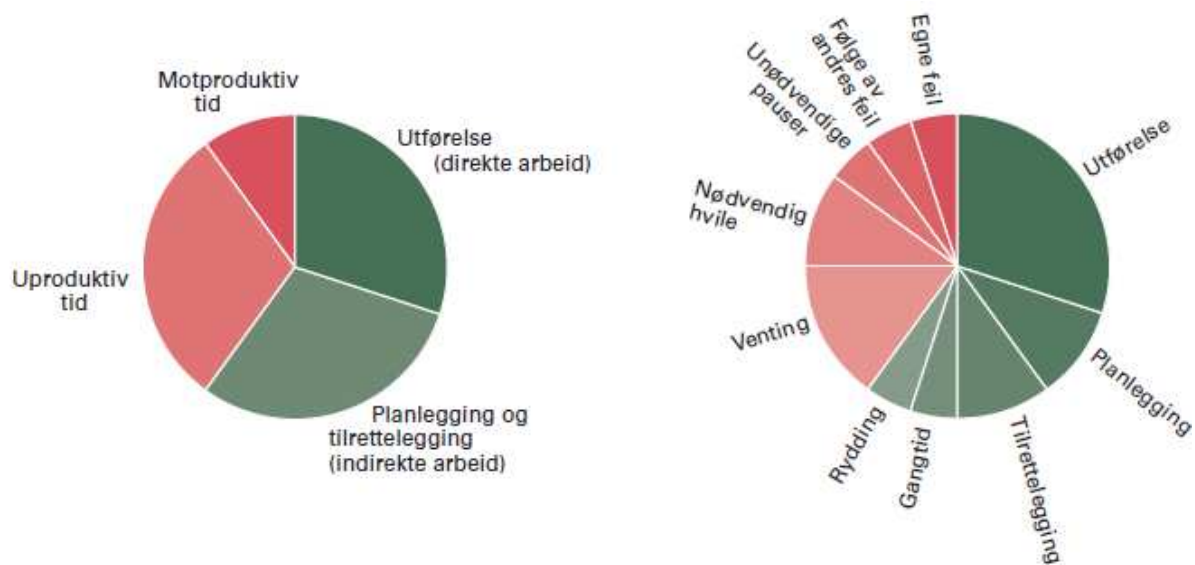
Involverende planlegging i produksjon (IP) defineres som en metodisk tilnærming til fremdriftsplanlegging i prosjektbasert produksjon (Andresen, et al., 2014). Arbeidet med IP er et ledd i Veidekkes forbedringsarbeid, der målet er å redusere tapt tid, fjerne farer og skape flyt i produksjonen. Tilnærmingen for å oppnå dette er planlegging, der alle deltar i planlegging av egen arbeidshverdag. Inspirasjonen til innføringen av IP fikk Veidekke fra det danske konseptet «Trimmet Bryggeri», som i sin tid hadde latt seg inspirere av Last Planner System (Bygg21, u.d.).

Hovedelementene i IP kan oppsummeres slik (Andresen, et al., 2014):

- **Arbeidsdeling i tid:** Forskjellige ledelsesnivåer planlegger i ulike tidshorisonter.
- **Hindringsanalyse:** En systematisk analyse, med den hensikt å fjerne hindringer ved hjelp av 7 forutsetninger for sunn aktivitet.
- **Plansystemet:** Strategiske planer utarbeides én gang. Rullerende, operative planer, tar utgangspunkt i strategiske planer. Disse får økt detaljeringsgrad etter hvert som arbeidet nærmer seg utførelse. Ulike plannivåer har ulike eiere, og dette henger sammen med arbeidsdeling i tid.
- **Møtestrukturen:** Henger sammen med og er tilpasset til de ulike plannivåene, og har ulike møteansvarlige.
- **Risikostyringen:** Systematisk analyse av risiko, sannsynlighet og konsekvens, og fjerning av farer basert på dette.

#### 2.1.1 Hvorfor involverende planlegging?

Sentralt i IP er ønsket om å redusere tapt tid og skape flyt i produksjonen (Andresen, et al., 2014). Dårlig flyt i produksjonen er ofte spesielt forårsaket av to forhold: (1) Aktivitetenes tidsforbruk varierer og dermed er det vanskelig å forutsi nøyaktig hvor lang tid de tar. (2) Det er varierende forutsetninger som påvirker hvorvidt en aktivitet kan utføres uhindret, og disse er ikke alltid til stede. Konsekvensene av dårlig flyt i produksjonen og hvordan dette slår ut på tapt tid, kan observeres ved å studere hvordan arbeidstiden benyttes.



Figur 2 - Aktiviteters tidsforbruk i et typisk byggeprosjekt (Andresen, et al., 2014)

Figur 2 viser hvordan arbeidstiden i et typisk byggeprosjekt fordeler seg. De røde områdene indikerer tapt tid, mens de grønne områdene er produktiv tid. Dette detaljeres videre for å vise hva som utgjør de to sektorene. Målet er å skape bedre flyt i produksjonen og dermed redusere tapt tid, altså de røde sektorene i diagrammet i Figur 2. Den tiden som fjernes fra de røde sektorene, skal overføres til de grønne sektorene og isteden benyttes til planlegging, tilrettelegging og utførelse. Selv mindre reduksjoner av den tapte tiden vil utgjøre et stort potensial til å øke prosjektets produktivitet (Andresen, et al., 2014). Målet er ikke å øke arbeidsintensiteten til arbeidslagene, det fokuseres heller på å legge til rette for deres aktiviteter kan utføres uhindret og dermed redusere tapt tid.

### 2.1.2 Hindringsanalyse

Hindringsanalyse er en sentral del av IP og handler om å tilrettelegge for at aktiviteter kan gjennomføres uhindret (Andresen, et al., 2014). Med uhindret menes det at aktiviteten gjennomføres effektivt, med riktig kvalitet og med en utførelse som ivaretar HMS. Veidekke opererer med 7 forutsetninger for en sunn aktivitet. Først når alle 7 forutsetningene er til stede, kan en aktivitet betegnes som sunn. Figur 3 nedenfor viser de 7 forutsetningene.



Figur 3 - De syv forutsetningene for en sunn aktivitet (Andresen, et al., 2014)

Her følger en kort forklaring av hva som ligger i de ulike forutsetningene (Andresen, et al., 2014):

1. Forutgående aktiviteter må være ferdigstilt, med riktig kvalitet, før etterfølgende arbeid kan starte.
2. Informasjon omfatter nødvendig produksjonsunderlag, det være seg tegninger, 3D-modeller eller annen nødvendig informasjon for å ivareta HMS og kvalitet.
3. Materialer av riktig kvalitet og mengde skal være gjort tilgjengelig på arbeidsstedet.
4. Mannskapet som skal utføre aktiviteten må ha riktig kompetanse og kapasitet.
5. Utstyret som er nødvendig for aktiviteten skal være tilgjengelig, effektivt, sikkert og minst mulig belastende.
6. Plass handler om at arbeidsstedet skal være ryddet, støvsuget, klargjort og sikret for den aktiviteten som skal gjennomføres.
7. Ytre forhold omfatter godkjenninger og tillatelser. Værforhold er også en slik forutsetning som skal være tatt hensyn til.

### 2.1.3 Lappeteknikk

Lappeteknikk er en metodisk tilnærming til planlegging, som tilrettelegger for medvirkning i fase- og produksjonsplanleggingen (Andresen, et al., 2014). Baser fra egne fag og baser/saksbehandlere fra underentreprenørene samles for å identifisere aktiviteter og deres avhengigheter til hverandre. De involverte fagene noterer sine aktiviteter på lapper, plasseres i den rekkefølgen man i felleskap mener er mest hensiktsmessig. Deretter estimerer man aktivitetenes omfang og nødvendige timeverk basert på erfaringstall.



Figur 4 - Eksempel på resultatet etter en økt med lappeteknikk

Figur 4 viser hvordan resultatet etter en økt lappeteknikk vil kunne se ut. De ulike fargene representerer ulike fag, og det er tatt utgangspunkt i at aktivitetene skal være én arbeidsuke. Ved å benytte seg av lappeteknikken oppnår man en god og realistisk plan, der de som har best kjennskap til utførelsen involveres i planleggingen av eget arbeid (Andresen, et al., 2014). Dette bidrar til at man får en plan som de ulike aktørene føler de har et eierskap til, samtidig som de føler seg forplikten av den. Lappeteknikken vil også bidra til økt forståelse for aktivitetene til de ulike fagene. Til slutt kontrolleres og tilpasses tidsforbruket opp mot hovedfremdriftsplanen og eventuelle rammebetingelser.

## 2.2 Taktplanlegging i Veidekke

Veidekke har de siste tiårene drevet med systematisk forbedrings- og utviklingsarbeid. Lean Construction, Trimmet bygging, IP og sist i rekken taktplanlegging, er satsningsområder som har vært sentral i Veidekkes utvikling de siste tiårene.

Taktplanlegging i Veidekke er i stor grad inspirert av Porsche Consultings modell for taktplanlegging. I tillegg har Veidekke hatt samarbeid med amerikanske forsknings- og utdanningsmiljøer, og den amerikanske entreprenøren Boldt Construction (Skaret, 2017). Taktplanlegging som metode for å planlegge og gjennomføre byggeprosjekter er relativt fersk i norsk sammenheng, der Veidekke er blant entreprenørene som har gått foran. Spesielt i Trondheim har man etter hvert hatt en rekke prosjekter som i mer eller mindre grad har benyttet seg av takt. Noen av dem har lyktes veldig godt, mens andre har hatt en del utfordringer.

Taktplanlegging er av Veidekke benyttet i ulike typer prosjekter i Trondheimsregionen, blant annet studenthybler i blokker, sykehusutbygging, idrettshall og boligprosjekter. Av prosjekter som i stor grad har benyttet seg av takt i innredningsarbeidet er følgende prosjekter: Kunnskapssenteret St. Olavs, Horneberg B3, Moholt 50|50 og det siste prosjektet NærByen. I tilknytning til nevnte prosjekter, er det gjennomført masteroppgaver med den hensikt å bidra til Veidekkes utvikling og forbedring av taktplanlegging i deres prosjekter.

Taktplanlegging i Veidekke er i en fase der man prøver ut metoden på ulike typer prosjekter, noen har man etablert gode rutiner for, mens andre er mer eller mindre uprøvd. Fokuset ligger dermed på et kontinuerlig utviklings- og forbedringsarbeid, der man sikrer erfaringsoverføring og utvikler metoden.

## 3 Metode

En metode er en fremgangsmåte, et middel for å løse problemer eller fremskaffe ny kunnskap (Andersen, 2013) Gjennom anvendelse av metoder, genereres data og informasjon som er nødvendig for en forskningsbasert undersøkelse. Kunnskap om metodebruk og valg av metode, vil i stor grad påvirke kvaliteten på data som samles inn og hvordan den analyseres i etterkant. Kapittelet skal redegjøre for valg av metode og de valgte metoders egnethet til å besvare oppgavens problemstilling med tilhørende forskningsspørsmål. Kapittelet skal også gi leseren en innføring i hvordan forskningsarbeidet har foregått og dermed bidra til å styrke masteroppgavens etterprøvbarehet.

### 3.1 Valg av forskningsmetode

Innledende arbeider med masteroppgaven startet høsten 2018, med innlevering av rapport fra litteratursøk og metodekapittel i videregående kurs i prosjektledelse og anleggsteknikk. Videre ble det gjennomført en litteraturstudie og intervjuer i forbindelse med fordypningsprosjekt. Temaet for disse innleveringene var, i likhet med denne oppgaven, taktplanlegging i byggeprosjekter. Det ble foretatt et bytte av ekstern samarbeidspartner før oppstart med masteroppgaven, det har derfor vært nødvendig å ekskludere deler av innholdet i fordypningsprosjektet.

Valg av forskningsdesign og metoder danner grunnlaget for å besvare oppgavens problemstilling og dens underbyggende forskningsspørsmål. Valg av forskningsmetode skal begrunnes med bakgrunn i metodelitteratur og masteroppgavens aktuelle problemstilling.

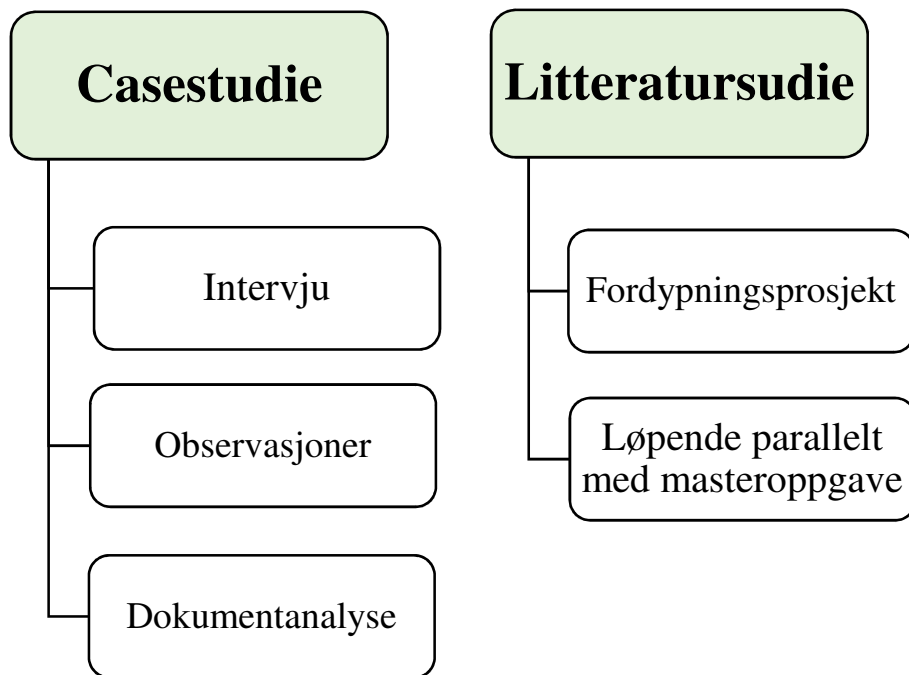
En rekke pragmatiske hensyn må tas ved valg av forskningsmetode. Gjennomføringen av forskningsarbeidet i forbindelse med masteroppgaven er preget av begrenset tilgang på tid, ressurser og informasjonskilder. Her spiller også praktisk gjennomførbarhet inn, blant annet begrenset tilgang på caser og mulighet til å gjennomføre intervjuer og observasjoner. Etter samtaler med veileder i Veidekke ble det bestemt at et byggeprosjekt som benytter seg av taktplanlegging, skulle danne utgangspunktet for forskningsarbeidet i masteroppgaven. Forskningen som er utført er designet som en casestudie med utgangspunkt i dette prosjektet. Gjennomføring av dybdeintervjuer og observasjoner er begge tidkrevende metoder, som produserer store mengder data. Metodene setter krav til gode forberedelser, men det er i hovedsak etterarbeidet og analysene som er mest tidkrevende.

#### 3.1.1 Kvalitativ metode

Til å besvare problemstilling og forskningsspørsmål er det valgt en kvalitativ metodetilnærming. Kvalitative metoder baserer seg på skriftlige og muntlige informasjonskilder, og tar sikte på å fremskaffe en helhetsforståelse for det som studeres (Dalland, 2017). Gjennom innsamling av informasjon fra få studieobjekter, egner kvalitative metoder seg der man ønsker å få tak i dybdekunnskap, erfaringer og personlige meninger knyttet til det som undersøkes. For å innhente kvalitative data og empiri, er det derfor valgt å benytte seg av en casestudie. I følge Andersen (2013) egner casestudier seg i forskningsarbeid, der hensikten er å skape forståelse for og forklare handlinger og prosesser. Denne studien



baserer seg på et byggeprosjekt, og i den sammenhengen er det gjennomført intervjuer, observasjoner og dokumentstudier. Casestudien, med de underbyggende metodene er utgangspunktet for datagenerering i oppgaven. Ved siden av casestudien er det gjennomført en litteraturstudie. Denne studien har vært viktig for å sette forskningen i sammenheng med tidligere forskning og etablere et teoretisk rammeverk for oppgaven. Figur 5 nedenfor oppsummerer oppgavens forskningsdesign. De nevnte metoder beskrives utfyllende i de påfølgende avsnittene.



Figur 5 - Oversikt over oppgavens forskningsdesign

### 3.2 Litteraturstudie

Litteraturstudien danner grunnlaget for det teoretiske rammeverket som presenteres i denne masteroppgaven, samt gi forskeren oversikt over og kunnskap om det som er gjort tidligere innen fagfeltet. Dette innebærer en presentasjon av teorier, metoder og forskning, som er relevant for oppgavens tematikk. Kjennskap til teorien er viktig for å avklare nøkkeltbegreper, klargjøre utgangspunkt og danne den teoretiske referanserammen. Dette bidrar til at forskningen settes i sammenheng med tidligere forskning og avdekker eventuelle kunnskapsgap (Bårnes & Løkse, 2015). Litteraturstudien tar utgangspunkt i faglitteratur, som er identifisert gjennom omfattende søk i databaser og søkemotorer. Litteraturstudien er gjennomført med den hensikt å identifisere og systematisere eksisterende litteratur, relevant for oppgaven. Studien omfatter også beskrivelse og evaluering av litteraturen.

Litteraturstudien i forbindelse med masteroppgaven kan deles inn i to hoveddeler. Den første delen ble gjennomført høsten 2018, som en del av et fordypningsprosjekt omhandlende taktplanlegging. Den andre delen av litteraturstudien er gjennomført våren 2019 i forbindelse med gjennomføringen av masteroppgaven. Hovedvekten av litteraturen benyttet i denne

oppgaven ble identifisert i fordypningsprosjektet. Litteraturstudiet tilhørende masteroppgaven, har foregått løpende våren 2019. Det er foretatt en reevaluering og raffinering av tidligere identifisert litteratur, og fortløpende, ved behov søkt etter supplerende litteratur.

### 3.2.1 Søkemotorer og databaser

Det eksisterer et bredt utvalg av søkemotorer og databaser, som tilgjengeliggjør et stort utvalg faglitteratur. Til litteraturstudien er det benyttet følgende søkemotorer og databaser for å finne relevant faglitteratur:

- Google Scholar: Søkemotor som er meget enkel i bruk og muliggjør både enkle og avanserte søk etter akademisk vitenskapelig litteratur. Scholar er mindre egnet når det gjelder systematiske søk innen et fagområde, men er et nyttig verktøy for å finne en spesifikk referanse.
- Scopus: Referanse- og siteringsdatabase som inneholder en rekke fagfelleverderte tidsskrifter, konferanser og bøker. Scopus tilbyr et bredt utvalg av søkemuligheter og funksjoner for bibliometrisk analyse.
- Oria: Felles database for alle norske høyskole- og universitetsbibliotek. Her finnes et bredt utvalg artikler, tidsskrifter, bøker, masteroppgaver og avhandlinger.
- IGLC: Her kan en søke i International Group for Lean Constructions database for artikler publisert i forbindelse med deres årlige konferanse innenfor emnet LC.

En metode for identifisering av relevant litteratur, som er benyttet i større omfang i forbindelse med denne oppgaven er «Snowballing.» Dette er en metode som baserer seg på en artikkels bibliografi eller artikkelens siteringer i nyere kilder (Wohlin, 2014). En skiller mellom «backward snowballing» og «forward snowballing»:

- «Backward snowballing» innebærer at en tar utgangspunkt i en sentral kildes referanseliste for å finne relevante kilder som kan inkluderes i studien. Denne metoden går bakover i tid og hensikten er å finne tidligere publikasjoner av relevans.
- «Forward snowballing» innebærer å undersøke publikasjonene som siterer kilden som er utgangspunktet. Slik kan en finne nyere publikasjoner som mer eller mindre baserer seg på den opprinnelige kilden.

### 3.2.2 Kildekritikk, kildeevaluering og utvelgelseskriterier

Kildekritikk og evaluering av litteraturen er en sentral og meget viktig del av en litteraturstudie. Det finnes mye tilgjengelig litteratur og utfordringen er å klare å skille ut det som er av god kvalitet. Derfor er det viktig å ha retningslinjer for hvordan en søker etter kilder, vurderer dem, gjør rede for dem og videre bruk (Dalland, 2017).

I forkant av kildeevaluering basert på TONE, er det foretatt en innledende sortering og utvelgelse av kildene med hensyn til tittel, abstract/sammendrag og konklusjon. En gjennomgang av dette vil tidlig kunne avsløre hvorvidt kildens innhold er egnet for studien. Kildekritikk handler både om å vurdere og karakterisere litteraturen, basert på kriterier i forbindelse med utvelgelsen av kilder. I denne rapporten benyttes TONE-prinsippet som

metodisk grunnlag for kildekritikk og kildeevaluering (NTNU, u.d.). Metoden inneholder fire evalueringskriterier:

- **Troverdighet:** Hvem er ansvarlig for artikkelen, hva er forfatterens utdanning og institusjonelle tilknytning og er kontaktinformasjon oppgitt. En bør også vurdere hvor artikkelen er funnet, altså hvem er ansvarlig for publiseringen.
- **Objektivitet:** Omhandler hvorvidt informasjonen/dataene er fremstilt på en nøytral måte og om artikkelen samsvarer med tidligere forskning eller er et brudd. En bør også vurdere om artikkelens hensikt å overtale eller informere, og om flere sider av temaet belyst.
- **Nøyaktighet:** Er forskningsmetodikken godt forklart, hvor nye og oppdaterte er dataene og kan innholdet bekreftes i andre kilder? Er det skrive/slurvefeil og hvilke kilder baserer artikkelen seg på?
- **Egnethet:** Handler om hvor godt artikkelen passer med problemstillingen i rapporten. Er innholdet relevant? Kan den kaste nytt lys over problemstillingen? Hvem er den skrevet for?

Denne metoden benyttes for kritisk vurdering av alle kildene som denne rapporten refererer til. En slik metode for kildekritikk gir felles og standardiserte kriterier for utvelgelse av litteraturen.

### **3.2.3 Styrker og svakheter ved metoden**

Litteratstudie har et utelukkende teoretisk perspektiv, som danner et godt teoretisk fundament for videre forskning innen emnet (Bårnes & Løkse , 2015). Metoden gjør det mulig å fordype seg innenfor eksisterende forskning og litteratur. Det kreves ikke annet enn tilgang på litteratur og kilder, som gjør metoden relativt enkel å gjennomføre. Litteraturstudier er nyttig når det kommer til å oppsummere og sammenfatte relevant eksisterende kunnskap og data. Dette gjøres i tråd med tema, problemstilling og forskningsspørsmål.

At metoden utelukkende baserer seg på eksisterende litteratur vil begrense resultatene og funnene. Metoden bør derfor kombineres med andre metoder for å belyse problemstillingen fra flere innfallsvinkler og etterstrebe metodetriangulering. Triangulering i forskningssammenheng handler om at en studerer et fenomen fra minst to ulike synpunkter eller innfallsvinkler (Olsson, 2011). En svakhet ved litteraturstudier er at de baserer seg på subjektivt skjønn, og vurderingene til den som gjennomfører arbeidet blir avgjørende for kvaliteten på resultatet (Bårnes & Løkse , 2015). Det stilles dermed strenge krav til forskerens objektivitet, metodisk tilnærming og evne til tolkning. I noen tilfeller kan det være vanskelig å oppnå en egen vinkling på rapporten og det kan være krevende å skille mellom egne og andres meninger. Resultatene og funnene begrenses også av tilgjengelig litteratur.

## **3.3 Casestudie**

Andersen (2013) definerer en casestudie som en intensiv studie av én eller noen få enheter. Casestudier egner seg i forskningsarbeid der hensikten er å skape forståelse for og forklare handlinger og prosesser. Studier av en slik karakter baserer seg på et mangfoldig og rikt datagrunnlag, helst knyttet til hendelser og begivenheter som foregår parallelt eller i nær fortid

til forskningen. Yin (2014) sier at casestudier er en forskningsmetode, som kan komme med betydelige bidrag til kunnskap og etablering av teori, ved å bekrefte, utfordre eller utvide teorien. Litteraturens beskrivelse av casestudier og deres anvendelse, faller godt sammen med det som skal forskes på i denne masteroppgaven. Casestudien gjør det mulig å knytte problemstilling og forskningsspørsmål opp mot arbeidspraksisen i prosjektet.

Byggeprosjektet NærByen i Trondheim er utgangspunktet for casestudien. Datainnsamlingen knyttet opp mot prosjektet utgjør hoveddelen av forskningsarbeidet i masteroppgaven. Innsamling og bearbeiding av data og informasjon fra casen er basert på gjennomføring av intervjuer, observasjoner og dokumentstudier. Ved å benytte flere forskningsmetoder til å studere ett fenomen eller en case, oppnår man metodetriangulering. Anvendelsen av metodene i casestudien beskrives i de påfølgende avsnittene.

### **3.3.1 Generalisering**

Et mål med forskningsarbeidet i casestudien, vil være å oppnå en grad av generalisering og kontekstualisering (Andersen, 2013). Mer konkret kan man si at det handler om å dra nytte av erfaringer og kunnskap fra den aktuelle casen videre i påfølgende byggeprosjekter med takt. I denne sammenheng er det snakk om en teoretisk generalisering fra case til teori. Slik kan generaliseringen sees som et virkemiddel for å sikre teoriens overførbarhet fra det aktuelle prosjektet til senere prosjekter av lignende karakter.

Gjennom fokus på basrollen i et taktprosjekt, tar oppgaven sikte på å belyse en del av taktplanlegging som ikke er omtalt i litteraturen. Forskningen skal bidra til å drive utviklingen av denne rollen videre i senere taktprosjekter, og bidra til forbedringsprosessen. Andre prosjekter, som har mange likheter med casen, vil likevel kunne fravike på flere områder. Det er derfor viktig å understreke at oppgavens aktuelle case har begrensninger med tanke på generalisering for tilsvarende caser. Dette er en kjent begrensning i casestudier, men det vil likevel være mulig å overføre erfaringer, teori og kunnskap til andre caser med likhetstrekk. Det kunne med fordel vært implementert flere caser i forskningsarbeidet, og dette ville bidratt til økt generalisering og pålitelighet i resultatene.

### **3.3.2 Intervjuer**

Det finnes en rekke ulike tilnærminger til gjennomføring av intervju, og de varierer blant annet med hensyn til struktur, antall intervjuobjekter og type spørsmål. Valg av type intervju er sammenfallende med hva man ønsker å få svar på og hvordan man skal gjennomføre intervjuene. Målet med intervjuene var å innhente kvalitativ kunnskap, og har ikke som hensikt å kvantifisere. Det ble dermed bestemt at semistrukturerte dybdeintervjuer, av kvalitativ karakter, var hensiktsmessig for forskningen knyttet opp mot casestudien. Dette fordi målet var å få tak i intervjuobjektens egne erfaringer, vurderinger og meninger. Prosessen med å gjennomføre et intervju er tidkrevende, og kan deles inn i følgende faser: forberedelse, gjennomføring, etterarbeid og analyse av svarene (Difi, 2018a). Dette avsnittet skal videre beskrive hvordan prosessen med å gjennomføre intervjuene har forløpt seg, fra forberedelse og gjennomføring, til resultater og analyse.

I kvalitative dybdeintervjuer er det en forutsetning for gode resultater at man klarer å skape en avslappende og trygg atmosfære, som stimulerer til fri samtale omkring de spesifikke temaene som forskeren har satt på forhånd (Tjora, 2017). Det ble utarbeidet en intervjuguide, der strukturen er delt inn i oppvarmingsspørsmål, refleksjonsspørsmål og avrundingspørsmål. Se vedlegg 1 og 2 for intervjuguidene. Oppvarmingsspørsmålene er relativt enkle og konkrete, og krever lite til ingen refleksjon av den som intervjues. Deretter følger selve kjernen i intervjuet. Her er spørsmålene åpent formulert, og en ønsket at den som intervjues går i dybden og reflekterer utfyllende over spørsmålene. Det ble benyttet 6 åpne spørsmål, der det til hver av dem var notert potensielle oppfølgingsspørsmål. Avslutningen skal normalisere situasjonen og informere om hva som vil skje videre i forskningsprosjektet. Det skal også takkes for at intervjupersonen har tatt seg tid til å stille og bruke av arbeidstiden sin.

Forarbeidet omfattet en konkretisering av hvilken kunnskap og erfaring som var aktuell, utarbeidelse av intervjuguide og rekruttering av informanter. Det ble bestemt at det i første omgang var relevant å gjennomføre intervjuer med basene, som har vært involvert i planleggingsprosessen knyttet til takt. Kontaktperson i Veidekke bisto med å komme i kontakt med basene, og samtlige sa seg villige til å stille til intervju. I forkant ble det utarbeidet en intervjuguide som støtter intervjueren og setter rammene for intervjuet. Spørsmålene er formulert åpne, med potensielle oppfølgingsspørsmål, da intervjuer ønsket en åpen samtale med mulighet til å stille oppfølgingsspørsmål underveis. Arbeidet med intervjuguiden har i tillegg til de praktiske elementene, også fungert som en faglig og mental forberedelse i forkant av gjennomføringen.

Deretter startet prosessen med å gjennomføre intervjuene, og spesielt utfordrende var det å finne tidspunkt som passet for alle parter. Intervjuene med basene ble gjennomført over en periode på i underkant av 4 uker. I utgangspunktet var tanken å gjennomføre intervjuene med alle basene, før deres oppstart med taktproduksjonen. Dette lot seg gjennomføre, med unntak av bas tømmer i første vogn. Selve gjennomføringen har, med unntak av ett intervju, vært gjennomført på prosjektets anleggsbrakke. Dette var det mest hensiktsmessige med tanke på selve gjennomføringen og tidsbruken. Alle intervjuene er gjennomført i omgivelser som er kjente for informantene, med den hensikt å skape en avslappet stemning. Undertegnede var til enhver tid fleksibel på tidspunkt, da det var ønskelig at deltakelse ikke skulle utgjøre et større inngrep i arbeidshverdagen enn nødvendig. Før intervjuene startet ble det informert om forskningsprosjektet, behandling av dataene, anonymisering, taushetsplikt og bruk av utstyr for lydopptak. Videre ble det stilt noen oppvarmingsspørsmål, før hoveddelen av intervjuet startet. Her ble intervjuguiden benyttet for å sikre en noenlunde struktur på gjennomføringen. De forhåndsformulerte spørsmålene dannet rammen for intervjuet og underveis stilte undertegnede oppfølgingsspørsmål. Dette for å unngå eventuelle misforståelser og feiltolkninger. Samtidig fungerte disse spørsmålene slik at de var med på å lede samtalen inn på de temaene som var satt for intervjuet. Intervjuene ble avrundet ved at samtalen gled over i mer generell prat og undertegnede informerte om veien videre i masteroppgaven.

Etterarbeidet i sin helhet omfattet transkribering, kategorisering, sortering og analyse av resultatene. Så snart som mulig etter gjennomført intervju startet arbeidet med å transkribere lydopptakene fra intervjuene. Det var gunstig å gjøre dette så snart som mulig, mens intervjuet

enda var friskt i minne. Transkribering er en tidkrevende prosess, der lydopptakene skal bearbejdes og formuleres skriftlig. I denne prosessen har det vært viktig å fokusere på å beholde innholdet slik informanten beskrev det, uten å fortolke det.

Mot slutten av arbeidet med masteroppgaven ble det gjennomført et oppsummerende gruppeintervju med basene. Tidspunktet for intervjuet var i en travel periode i produksjonen, det lot seg derfor ikke gjøre at alle basene deltok. Intervjuet ble gjennomført så tett som mulig opp mot innleveringsfristen. Dette fordi det var ønskelig at flest mulig vogner hadde startet opp med taktproduksjonen. Da intervjuet ble gjennomført var 12 av 15 vogner i gang med produksjonen. Hensikten med intervjuet var å oppsummere hvordan taktproduksjonen hadde gått, og sette utførelsen i sammenheng med planleggingen. Konkret tok intervjuet for seg utfordringer knyttet til taktproduksjonen, eventuelle forsinkelser eller problemer ved overleveringen mellom vognene. Erfaringer med planleggingen og eventuelt om noe kunne vært gjort annerledes eller ble avglemt.

I alt ble det gjennomført intervjuer med 7 baser, alle tilknyttet taktproduksjonen på NærByen-prosjektet. I tillegg det avholdt et oppsummerende intervju, som nevnt over. Tabell 1 viser en oversikt over intervjuene som er gjennomført.

*Tabell 1 - Oversikt over gjennomførte intervjuer i forbindelse med planleggingsprosessen*

Rolle	Fag	Firma	Dato
Bas/prosjektleder	Kjøkken	XL Bygg Gunnar T. Strøm	19.02.2019
Bas	Elektro	Bravida	21.02.2019
Bas	Rør	Oras	22.02.2019
Bas	Ventilasjjon	Bryn Byggeklima	28.02.2019
Bas	Tømmer	Veidekke	15.03.2019
Bas	Tømmer	Veidekke	15.03.2019
Bas	Tømmer	Veidekke	15.03.2019
Operativ taktansvarlig og bas	Tømmer	Veidekke	28.05.2019

### 3.3.3 Observasjon

Observasjon er en metode som henger tett sammen med intervju. Eksempelvis er det sjelden intervjuer gjennomføres uten at samtalepartene observerer hverandre (Dalland, 2017). Ved å kombinere observasjon og intervju, vil metodene kunne fungere utfyllende til hverandre, og sammen danne et riktigere og mer helhetlig bilde av det som skal studeres. Hensikten er å benytte ulike metoder til å studere samme fenomen og verifisere resultatene fra flere kilder og innfallsvinkler, som dermed øker troverdighetene til resultatene.

Observasjonene som har blitt benyttet i arbeidet med denne oppgaven er av kvalitativ karakter. Slike observasjoner er gunstig dersom hensikten er å skaffe et helhetlig og mest mulig fullstendig bilde av det som observeres. Dalland (2017) nevner følgende karakteristikk for kvalitative observasjoner:

- Tar sikte på å danne en helhetsforståelse for det som observeres
- Fokuserer på relasjoner og samspill mellom mennesker
- Prosessorientert
- Bevissthet om forskerens rolle i observasjonen

Observasjonene har gjort det mulig å studere selve arbeidspraksisen, som et supplement til hvordan informantene beskriver den i et intervju. Ved observasjon får man tilgang til sosiale situasjoner, som de involverte ikke selv har tolket på forhånd. Forenklet kan man si at observasjon studerer det folk faktisk gjør, mens intervjuer studerer det folk sier at de gjør (Tjora, 2017).

Proessen med å gjennomføre observasjoner startet med en avklaring av hvilke situasjoner, møter og samlinger som var aktuelle med tanke på oppgavens problemstilling. Etter samtale med veileder i Veidekke kom vi fram til at vandrende basmøter, taktsamlinger og oppstartsmøter takt var aktuelt for observasjon. Deretter ble det utarbeidet et generelt observasjonsnotat, som ble spesielt tilpasset underveis, avhengig av det som skulle observeres. Observasjonsnotatene er utarbeidet etter forslag til mal av Dalland (2017). Se vedlegg 3, 4 og 5 for observasjonsnotatene.

Observasjoner knyttet til møtevirksomheten på anleggskontoret, blant annet taktsamlinger og oppstartsmøter, ble gjennomført som passiv, interaktiv observasjon (Tjora, 2017). Slike observasjoner kjennetegnes ved at forskeren er synlig for de som observeres, men ikke har til hensikt å delta i det som observeres. Metoden utelukker derimot ikke alle former for sosial interaksjon der dette faller naturlig. Valget av observasjonsrolle falt relativt naturlig, da jeg ikke har kompetansen og kunnskapen til å delta aktivt i møtene, og samtidig ønsket å observere uten å påvirke oppførsel og handlingsmønstre hos de observerte. Hensikten var å observere hvordan et slik møte normalt forløper, og dermed gjøre min rolle så liten som mulig. En utfordring ved observasjoner kan være at man endrer eller juster adferden, som følge av at man vet at man blir observert (Dalland, 2017).

Observasjonene som ble gjennomført ute på byggeplass, kan karakteriseres som dynamiske observasjoner (Tjora, 2017). I en slik setting forflytter observatøren seg sammen med de observerte. Mer spesifikt kan observasjonene av de vandrende basmøtene betegnes som «shadowing» eller fotfølgestudie. En slik observasjon legger opp til at forskeren ikke har en deltakende rolle, men følger etter det som observeres. I en dynamisk observasjon er det mer krevende å notere underveis, da man gående forflytter seg underveis i observasjonen. Det å bevege seg rundt på byggeplass med datamaskin ble vurdert som uaktuelt, og dermed ble penn, skriveplate og papir benyttet.

Underveis i observasjonen var jeg hele tiden bevisst min rolle som observatør. Dette handlet om å ikke skape forstyrrelser og fokus på å få med meg hvordan samhandlingen foregikk og dens innhold. Ved observasjonene ble det ikke benyttet noen form for digitale opptak av lyd eller video, dermed var det særlig viktig å være konsentrert og å notere forløpende underveis i observasjonene. Umiddelbart etter observasjonen startet jeg å fortolke det jeg nylig hadde observert. Notatene og tolkningen ble renskrevet og deretter implementert i resultat og drøfting.

Tabell 2 viser en oversikt over observasjonene som er gjennomført i forbindelse med forskningen.

Tabell 2 - Oversikt over gjennomførte observasjoner

Observasjon	Deltagere	Hensikt	Dato
Taktsamling 4	Anleggsledelse og alle baser	Siste gjennomgang av takten før oppstart	12.02.2019
Vandrende basemøte	Baser for aktuelle vogner	Avklare status før neste uke med hensyn til taktproduksjonen.	21.02.2019
Oppstartsmøte vogn 2 takt	Anleggsleder og bas, prosjektleder og fagarbeider ventilasjon	HMS og kvalitet før oppstart takt i påfølgende uke	28.02.2019
Oppstartsmøte vogn 4 takt	Anleggsleder, bas og fagarbeidere rør	HMS og kvalitet før oppstart takt i påfølgende uke	14.03.2019
Vandrende basemøte	Baser for aktuelle vogner	Avklare status før neste uke med hensyn til taktproduksjonen.	21.03.2019
Oppstartsmøte vogn 7 takt	Anleggsleder, formann, baser og fagarbeidere tømmer	HMS og kvalitet før oppstart takt i påfølgende uke	04.04.2019

### 3.3.4 Dokumentstudier

Dokumentstudier baserer seg hovedsakelig på ulike typer dokumentasjon som ikke er laget for forskning (Tjora, 2017). I motsetning til intervju og observasjon, krever dokumentstudier betydelig mindre involvering av informanter og andre ikke-forskende personer. Gjennom analyse av allerede eksisterende dokumenter tar metoden sikte på å fremskaffe informasjon om casen, uten fysisk involvering av personer knyttet til casen. I forbindelse med casestudien benyttes dokumentene som tilleggsdata, for å supplere data fra intervjuer og observasjoner. Dokumentene har bidratt til å sette forskningen i et tidsbilde, og dermed gitt en oversikt over tidligere hendelser og lagt grunnlag for historisk følsomhet. Dette innebærer at forskeren kan forstå nåtidige fenomener fra observasjon og intervju, med bakgrunn i en historisk utvikling. Dokumentene som er analysert er hovedsakelig casespesifikke, det vil si at de er utarbeidet for NærByen-prosjektet spesielt. Det er også benyttet et fåtall publikasjoner utarbeidet for Veidekkes byggevirksomhet generelt.



Tabell 3 nedenfor viser en oversikt over de dokumentene som er inkludert i dokumentstudiet.

Tabell 3 - Oversikt over dokumenter som er inkludert i dokumentstudiet

Dokument	Gradering
Fremdrifts- og taktplaner	Åpen
Logistikkplaner	Åpen
Estimerte timeverk	Åpen
Hindringsanalyse	Åpen
Risikovurderinger	Åpen
Taktavtale	Lukket
Prosjektbeskrivelse	Åpen
Presentasjoner taktsamlinger 3 stk.	Åpen
Oppstartsmøteprotokoll	Lukket
NærByen Taktplanlegging, LC-seminar 11.04.2019	Åpen
Intervju anleggsleder Moholt 50 50	Åpen

### 3.4 Behandling og analyse av data

Samtlige data er anonymisert, for å ta hensyn til personvernet til de som har vært involvert i metodegjennomføringen. Alle involverte er informert om hva dataene skal brukes til, og lydopptak er slettet etter transkribering. Der navn nevnes, er dette avklart med den aktuelle på forhånd.

Transkriberte intervjureferat og notater fra observasjoner inneholder store mengder data og det kan være vanskelig å få oversikt over alt. Derfor er det gjennomført en raffinering og sortering av dataene, der de kodes med utgangspunkt i relevant forskningsspørsmål. Dette har vært viktig for å få oversikt over dataene og unngå at noe blir avglemt. Samtidig har denne prosessen gjort det mulig å dra paralleller mellom ulike besvarelser og observasjoner, og dermed gjort det mulig å trekke frem fellestrekk og ulikheter.

### 3.5 Oppgavens reliabilitet og validitet

Reliabilitet (pålitelighet) og validitet (gyldighet) er sentrale parametere for vurdering av kvaliteten i kvalitativ forskning. Krav til data i kvalitative studier er strenge og krever at forskeren er bevisst sin rolle i prosessen med å samle inn data (Tjora, 2017).

Et fundamentalt krav til innsamlet data i forskningsarbeid, er at de må ha en relevans til problemstillingen. Dette betegnes som **validitet**, eller gyldighet, og angir i hvilken grad dataene er relevant til det som måles eller undersøkes (Dalland, 2017). Casestudiers kanskje største fortrinn er evnen til å utforske et begrenset fenomen i dybden og gjennom omfattende og detaljert kunnskap oppnå høy grad av validitet (Andersen, 2013). I forbindelse med casestudier nevnes tre typer validitet: Indre-, ytre- og begrepsvaliditet (Yin, 2014). Indre validitet handler

om årsakssammenhenger og hvorvidt det eksisterer en kausalrelasjon. Dette kan være utfordrende å identifisere kun basert på én casestudie, der mange variabler og ulike fenomener har evnen til å påvirke utfallet. Bakenforliggende årsaker, som ikke tas høyde for, kan påvirke de ulike variablene slik at studien oppnår lav indre validitet. For å oppnå høy indre validitet kreves det at forskeren har god kontroll på potensielle bias, altså systematiske feil og skjevheter i resultatene (Dahlum, 2018). I forskningsarbeidet har det vært viktig å forholde seg til etablert teori og begreper, og være bevisst på og åpen om egen rolle som forsker og valg og gjennomføring av metodene. Intervjuer er gjennomført med alle baser som har vært involvert i taktplanleggingen og det er gjennomført observasjoner av tilsvarende møter/samlinger flere ganger. Dette for å ta hensyn til variabler som kan skape skjevheter i resultatene. I dataanalysen er det forsøkt å identifisere mønster- og/eller årsakssammenhenger, så vel som motsetninger. Resultatenes indre variabilitet vurderes derfor til å være av en tilfredsstillende karakter og at konklusjoner som tas er gyldige.

Ytre validitet innebærer at innsamlede data knyttet til et begrenset fenomen eller en case, kan generaliseres (Dahlum, 2018). For denne oppgaven handler det om at resultatene skal kunne overføres til andre lignende prosjekter med mer eller mindre grad av gyldighet. Målet er ikke at resultatene alltid skal være gyldig for andre byggeprosjekter, men at de skal være anvendbare på prosjekter som er av lignende karakter. Resultatene skal kunne gjelde andre enn de som er inkludert i forskningen, og samtidig være holdbare for lignende situasjoner som ikke er inkludert i denne undersøkelsen. Konkret vil dette være lignende byggeprosjekter, som benytter seg av taktplanlegging. For å sikre oppgavens ytre validitet er resultatene knyttet opp mot relevant teori og eksisterende praksis internt i Veidekke. Det er også innhentet større mengder data fra ulike aktører involvert i casen. Ved å gjennomføre intervju med syv av basene, kan man anta at fellestrekk i besvarelsene vil være av en generaliserbar karakter. Et større utvalg, altså flere caser og dermed flere intervjuer og observasjoner, vil være et tiltak for å øke rapportens validitet. Dette har ikke vært mulig å gjennomføre som følge av begrenset tilgang på tid og ressurser. Derfor vil den ytre validiteten, altså evnen til å generalisere, være begrenset.

Begreps- eller definisjonsvaliditet handler om hvorvidt de genererte empiriske dataene måler det vi har til hensikt å måle (Yin, 2014). For å sikre at undersøkelsene i denne rapporten har tilfredsstillende begrepsvaliditet er det:

1. Benyttet flere informasjonskilder: Litteraturstudie, intervju, observasjon og dokumentstudier. Intervjuene er gjennomført med nesten alle basene som representerer de ulike fagene involvert i takten.
2. Det har vært en kontinuerlig dialog med anleggsleder som har det overordnede ansvaret med å styre og koordinere prosessen med taktplanleggingen.
3. Skaffe tilstrekkelig mengde data og etablere metodetriangulering.

**Reliabilitet** handler om hvordan dataene, som benyttes i rapporten, er innhentet spesielt med hensyn til pålitelighet og etterprøvbarehet. En metode er reliabel dersom like målinger, som gjennomføres under uendrede forhold, gir de samme resultatene (Dalland, 2017). Forenklet kan en si at reliabilitet handler om hvorvidt en måler på riktig måte. Reliabilitet kan ofte være utfordrende i kvalitativt forskningsarbeid.

I denne oppgaven er det flere forhold som skaper utfordringer med å sikre høy grad av pålitelighet i resultatene. Først og fremst er semistrukturerte dybdeintervjuer, preget av en samtale, som styrer innholdet og fordypningsområdet innenfor de ytre tematiske linjene for intervjuet. Slike intervjuer vil være vanskelig å gjennomføre med samme resultater, av en annen forsker på et senere tidspunkt. For å sikre at dette påvirker resultatene minst mulig er det valgt å gjennomføre intervjuene basert på en felles intervjuguide. I tillegg er intervjuene gjennomført over et kortest mulig tidsrom og i samme, kjente omgivelser.

Observasjonene vil preges av ulike situasjoner og personer, som varierer fra observasjon til observasjon. Innholdsmessig vil derfor de samme møtene variere. For å sikre at jeg hadde samme fokus i de ulike observasjonene, er det benyttet like observasjonsskjemaer for samme observasjoner. I observasjonssituasjoner har jeg forsøkt å fokusere på og vurdere egen posisjon, deltakelse og rolle. Ved ikke deltakende, passive observasjoner har jeg etter beste evne forsøkt å opptre så usynlig som mulig. Dette med den hensikt å påvirke de observerte og deres naturlige handlingsmønstre og væremåte, minst mulig. Selv om forskeren har vært bevisst på dette underveis i prosessen, er det vanskelig å si hvordan man eventuelt har påvirket det som observeres.

I tillegg til ovennevnte tiltak, direkte tilknyttet metodegjennomføringen, er det lagt vekt på en tydelig beskrivelse av bakgrunnen for og formål med oppgaven. Redegjøre for utvalg og prosessen med å gjennomføre metodene. I tillegg er det lagt opp til metodetriangulering for styrke undersøkelsenes troverdighet.

### **3.6 Feilkilder**

Ved kvalitativt metodisk forskningsarbeidet vil det alltid oppstå potensielle feilkilder, eller svakheter ved valg og gjennomføring av metodene. Den kvalitative datainnsamlingen i denne masteroppgaven er gjennomført i tilknytning prosjektcasen. Kvalitative metoder er godt egnet til å gjennomføre casestudier, der en ønsker å fordype seg i et fenomen (Andersen, 2013). Det kan derimot være spesielt krevende å oppnå høy grad av reliabilitet i slike studier, da forskningsmetodikken i stor grad preges av forskerens rolle. I datainnsamlingen vil mine antakelser, holdninger, personlige meninger og min erfaring og subjektive tolkning kunne prege tolkning av data, og dermed oppgavens resultat. I oppgaven er det forsøkt å tydeliggjøre hvor subjektive vurderinger og tolkninger fremkommer, og disse finnes hovedsakelig i diskusjonskapittelet.

Datainnsamlingen er knyttet opp mot ett byggeprosjekt, betegnet som casen. Sammensetningen av personell i casen vil kunne være gjenstand for justeringer og utskiftninger. Mens arbeidet med oppgaven har pågått har det ikke vært utskiftninger blant informantene som er inkludert i studien. Den aktuelle sammensetningen i casen vil med stor sannsynlighet ikke gjenta seg i senere prosjekter, og resultatene vil derfor være sårbare som følge av det. Byggeprosjekters dynamiske karakter vil være med på å svekke resultatenes evne til å generalisere og deres overførbarhet til lignende prosjekter med en annen sammensetning av personell. Dette fordi de innsamlede data i denne oppgaven i stor grad vil være farget av dette prosjektets miljø og

arbeidsklima. Hver enkelt informant har sine personlige meninger og erfaringer, og subjektive tolkninger vil kunne representere store utslag i resultatet.

Prosessen med å gjennomføre intervjuer inneholder en rekke potensielle feilkilder. Fra forberedelser, til analyse og tolkning av de genererte dataene. I tillegg vil selve gjennomføringen av intervjuene kunne generere feilkilder. I den forberedende fasen vil rekruttering av informanter, formulering av intervjuguide med spørsmål og min innstilling, kunne resultere i feilkilder. Derfor er det valgt å bare intervju baser, med utgangspunkt en felles utarbeidet intervjuguide. Selve gjennomføringen av intervjuene er gjenstand for påvirkninger fra omgivelser, forstyrrelser, humør, feiltolkninger og misforståelser. Sted for gjennomføring har vært på anleggskontoret til casen og tidspunkt har informantene i stor grad selv bestemt. Dette for sikre at de ikke opplever intervjuene som ugunstige og unødvendig tidsbruk. Det er også blitt benyttet digitalt utstyr for lydopptak, med samtykke fra informantene, for å sikre at innholdet i intervjuet bevares. Dermed kan også eventuelle misforståelser lukes ut, ved å høre samtalen på ny.

I forbindelse med etterarbeidet vil potensielle feilkilder kunne oppstå. Behandlingen av dataene, spesielt lydopptak vil kunne generere feilkilder, basert på misforståelser eller det at forskeren tilegner informanter meninger som passer med egen overbevisning. Dette defineres som forventningseffekter og kan bidra til at forskeren, bevisst eller ubevisst, tolker en informants utsagn eller en konkret situasjon på en slik måte at det passer overens med forskerens egen overbevisning (Svartdal, 2018). Dette kan gi bias i forskningen, altså systematiske skjevheter i dataene. Det kan også oppstå som følge av partiskhet, forutinntatthet, preferanser, enten psykologisk eller metodisk. Det eksisterer få undersøkelser knyttet til basrollen i taktplanlegging. Det argumenteres at undersøkelsene ikke er preget av bias.

I likhet med intervjuene vil også observasjonene kunne inneholde eventuelle feilkilder. Til observasjonene er det benyttet samme observasjonsnotat for tilsvarende observasjoner. Observasjonene er gjennomført uten video- eller lydopptak, og resultatene baserer seg derfor ene og alene på mine notater og opplevelse av situasjonen der og da. Dette åpner opp for både feiltolkninger, misforståelser eller at jeg rett og slett har gått glipp av noe.

For å oppsummere, vil det uten tvil kunne være feilkilder i denne rapporten, men det antas at disse ikke er av gjennomgående og dominerende karakter. Det konkluderes derfor med at de kvalitative dataene og behandlingen av dem er korrekte i forhold til den casestudien som er utført.

## 4 Teori

Teorikapittelet skal presentere teori som er relevant til problemstillingen og dermed danne det nødvendige teoretiske grunnlaget for rapporten. Teorikapittelet skal redegjøre for generell produksjonsteori og hvordan denne har utviklet seg. Hensikten med dette er å sette utviklingen av taktplanlegging i et historisk og teoretisk perspektiv. Videre presenteres modeller og metoder som er utviklet i og for byggebransjen. Taktplanlegging introduseres, med utgangspunkt i Porsches tilnærming, som var Veidekkes utgangspunkt for bruk av metoden. Avslutningsvis presenteres teori om kommunikasjon, samhandling, involvering og basrollen i byggeprosjekter.

### 4.1 Planleggings- og produksjonsteori

Prosjektplanlegging handler om å utarbeide og etablere en plan for gjennomføring av prosjekter (Køster, 2017). Planene tar utgangspunkt i det som skal leveres, og bør inneholde oversikt over kostnader, fremdriftsplan og detaljert planlegging av produksjonen. Hussein (2016) beskriver prosjektplanlegging som en prosess, bestående av oppgaver og aktiviteter, som dokumenterer og beskriver hvordan prosjektet skal utformes og leveres. Planlegging av prosjekt bør, som følge av dets kontekst eller omgivelser, ta hensyn til usikkerhet og gjennomføres som en iterativ prosess. Kerzner (2017) nevner fire grunnleggende årsaker til at prosjektplanlegging gjennomføres. Planlegging bidrar til å redusere usikkerhet i prosjektet (1) og etablerer en bedre forståelse for prosjektmålene (2). I tillegg bidrar planlegging til å forbedre effektiviteten i produksjonen (3) og danner et godt grunnlag for oppfølging og kontroll av produksjonen (4).

Morstøl (2018) trekker frem seks grunner til at planlegging er viktig for å oppnå gode resultater i byggeprosjekter:

- Økt forståelse for prosjektet blant de involverte partene
- Bidrar til å skape eierskap til prosjektet
- Tydeliggjøring av mål og hvordan de skal oppnås
- Etablerer en felles forståelse for gevinster, leveranser og rammer
- Bedre oversikt over potensiell risiko, muligheter og usikkerhet
- Bedre forutsetninger for å realisere prosjektet i tråd med kundens forventninger

Hopp og Spearman (2001) definerer et produksjonssystem som «*et målorientert nettverk av prosesser gjennom en enhetsstrøm.*» Forbedringsarbeidet innen planleggings- og produksjonsteori handler hovedsakelig om å effektivisere produksjonsprosessen, realisert gjennom økt kvalitet, økt fortjeneste og redusert tidsforbruk. Bilprodusenten Toyota var i løpet av 1900- tallet den ledende aktøren innen forbedringsarbeid knyttet til produksjonssystemer. Deres arbeid med å maksimere verdiskapning, ved å eliminere sløsing, dannet grunnlaget for det vi i dag kjenner som Toyota Production System og utviklingen av Lean Production.

Lean production er stadig under utvikling, men den grunnleggende tankegangen er der fortsatt. Det handler om å utforme produksjonssystemet slik at det kan levere tilpassede produkter umiddelbart på bestilling, uten bruk av mellomlagre. Womack et al. (1991) presenterer følgende prinsipper, som ligger til grunne for Lean production:

- Identifisere og levere verdi for kunden og eliminere alt som ikke skaper verdi

- Identifisere og kartlegge verdistrømmen, slik at hvert steg i produksjonen leverer verdi
- Organisering av produksjonen slik at den flyter kontinuerlig
- Perfeksjonering av produktet og skape en pålitelig flyt, ved å stoppe linjen, benytte et pull-system for leveranser, og distribusjon av informasjon og beslutningstaking
- Søken etter perfeksjon: Levere produktet på bestilling, i tråd med kundekrav og uten lagerhåndtering

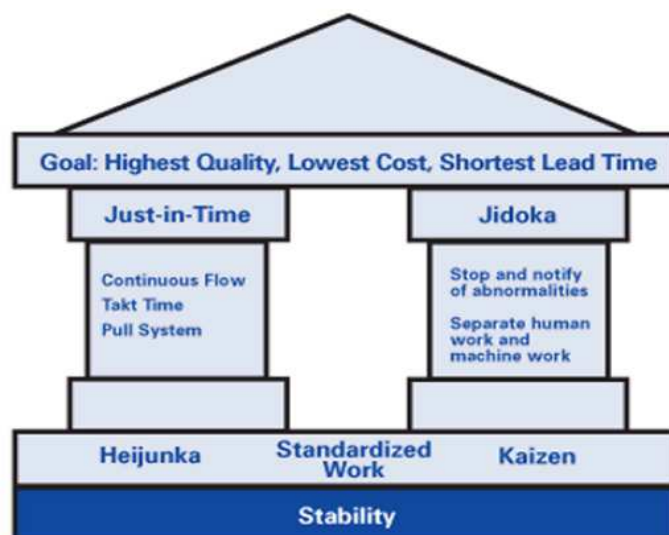
Lean production kan forstås som en ny metode for design av effektive produksjonsprosesser. Gjennom økt gjennomløpshastighet i verdikjeden, med fokus på eliminering av sløsing i alle prosesstrinn, klarer man å levere bedre kvalitet på sluttproduktet i tillegg til reduserte kostnader (Lean Forum Norge, u.d.).

Både TPS og Lean Production er utviklet med bakgrunn i serieproduksjon i den stasjonære industrien. Byggebransjen, som har slitt med negativ produktivitetsutvikling, fattet i løpet av 1990- tallet interesse for Lean. Metoden krevde tilpasning til prosjektbasert produksjon, med unike leveranser hver gang (Howell, 1999). Slik utviklet Lean-filosofien seg i byggebransjen, og metoden fikk følgelig navnet Lean Construction.

## 4.2 Toyota production system

Toyota production system (TPS) har sitt opphav i den japanske bilindustrien og er utviklet gjennom mange år med kontinuerlig forbedringsarbeid (Toyota, u.d.). TPS ble utviklet med mål om å skape økt kvalitet, lavere kostnader og kortest mulig produksjonstid, gjennom å eliminere sløsing og håndtering av variabiliteten i produksjonsprosessen (Lean Enterprise Institute, u.d.).

Figur 6 viser en fremstilling av TPS, i form av et hus (Lean Enterprise Institute, u.d.). TPS-



Figur 6 - Oversikt over hvordan TPS er bygd opp, representert ved et "hus" (Lean Enterprise Institute, u.d.)

huset er viser hvordan de ulike delene bidrar til det som i sin helhet utgjør systemet. Målsetningen er plassert øverst, med pilarene «Jidoka» og «Just-in-Time» (JIT) som bygger opp under dem. I dette kapittelet vil fokuset ligge på JIT, der takt er et sentralt element. Toyotas

tilnærming til takt har blant annet inspirert Porsche Consultings utvikling av planleggingsmetodikken «*Porsche takt*», som beskrives senere i teorikapittelet.

Fremveksten TPS krediteres hovedsakelig Toyotas produksjonssjef Taiichi Ohno, som i årene etter 2. verdenskrig ledet prosessen med å utvikle systemet (Lean Forum Norge, u.d.). Ohno ønsket, gjennom enkle endringer og innovasjoner, å skape bedre kontinuitet i produksjonsprosessen, øke flyten i produksjonen og samtidig tilrettelegge for et bredt spekter av produkter. I den sammenhengen sendte Toyota en delegasjon til USA, for å lære av Ford og General Motors. Med dette som utgangspunkt, kombinert med nytenkning, utviklet Toyota produksjonssystemet TPS.

TPS har utviklet seg til å bli et verdensomspennende og anerkjent produksjonssystem, spesielt gjennom publikasjonen «The machine that changed the world». Publikasjonen var resultat at flere år med forskning ved Massachusetts Institute of Technology (Womack, et al., 1991). Fra resultatene kom det frem at TPS var så mye mer effektiv enn tradisjonell masseproduksjon, og at systemet representerte et helt nytt paradigme innen produksjon. Denne radikalt forskjellige tilnærmingen til produksjon fikk dermed en egen betegnelse, nemlig «Lean Production» (Lean Enterprise Institute, u.d.) Prinsippene fra TPS og Lean Production, har senere blitt tilpasset og overført til prosjektbasert produksjon, deriblant byggebransjen.

#### 4.2.1 Sløsing og variabilitet

Sløsing og variabilitet er ofte faktorer som nevnes i forbindelse med produksjonsteori. Disse er sentrale fokusområder innen TPS (Lean Enterprise Institute, u.d.). Systemet har til hensikt å eliminere sløsing og dermed danne grunnlaget for bedre flyt i produksjonsprosessene. Dette oppnås gjennom å vurdere og ta hensyn til variabiliteten, både i produksjon og produkt. Redusert sløsing er en sentral tankegang i Lean-filosofien. Tilnærmingen har vist seg å gi signifikante utslag med tanke på å maksimere verdiskapningen for kunden.

**Sløsing** forekommer i forskjellige former, avhengig av hvilken industri og arbeidsprosess som vurderes (Denzer, et al., 2015). Sløsing eller «waste» er et kjent begrep i byggebransjen, og det eksisterer en rekke forskjellige definisjoner. Felles for dem er at de definerer sløsing som ikke-verdiskapende aktiviteter. Sløsing legger unødvendig beslag på tid og ressurser, og bidrar ikke til økt verdi for sluttproduktet. Denzer et. al. (2015) kategoriserer produksjonsaktiviteter med tanke på sløsing slik:

- Verdiskapende aktiviteter
- Ikke-verdiskapende aktiviteter, men som er nødvendig for at produksjonen skal løpe som normalt
- Ikke-verdiskapende aktiviteter, som er unødvendige i produksjonen

Verdiskapende aktiviteter forstås som direkte arbeid (Denzer, et al., 2015). På byggeplass vil dette for eksempel være oppføring av stenderverk. Nødvendige ikke-verdiskapende aktiviteter, bidrar ikke direkte til økt verdi for prosjektet, men er nødvendig for å legge til rette for de verdiskapende aktivitetene. Dette kan for eksempel være prosjektplanlegging, kvalitetssikring, rigg og drift og HMS-arbeid. Unødvendige ikke-verdiskapende aktiviteter kan for eksempel være venting, forstyrrelser, personlig tid, ubenyttet tid, feilretting og omarbeid.

Forbes og Ahmed (2010) nevner 7 utslagsgivende faktorer, identifisert av Ohno, som fører til sløsing i produksjonssystemer:

- Overproduksjon
- Venting
- Ineffektiv transportering og flytting av produkt
- Ineffektiv flytting av arbeidende personell
- Intern sløsing i selve prosessen
- Unødvendig stort antall varer på lager
- Feilproduksjon med tilhørende inspeksjon og feilretting

**Variabilitet** handler i bunn og grunn om at ting varierer (Øsby-Deglum, et al., 2013). Når vi snakker om variabilitet i produksjonssystemer, er det i hovedsak usikkerheten i hvor lang tid en operasjon tar å utføre, som er interessant. Loven om variabilitet (Hopp & Spearman, 2001), stadfester at økende variabilitet alltid vil degradere ytelsen i produksjonssystemet. Hvordan dette forekommer er avhengig hvor i produksjonskjeden variabiliteten oppstår. Det skilles mellom to hovedkategorier, prosess- og flytvariabilitet.

Prosessvariabilitet eller transformasjonsvariabilitet, handler om variabiliteten i hvor lang tid en arbeidsoppgave tar å gjennomføre (Øsby-Deglum, et al., 2013). I fabrikkssammenheng vil denne variabiliteten fremkomme av hvor lang tid en arbeidsstasjon bruker på en operasjon i produksjonsrekken. I utgangspunktet er delene og arbeidsstasjonene like, men det vil alltid eksistere større eller mindre variasjoner i produksjonstid, selv om alle materialer og ressurser er tilstede. Arbeideren som operer maskinen vil medføre variabilitet, men også maskinens ytelse vil gi mindre utslag på variabiliteten.

Flytvariabiliteten omfatter usikkerheten i ankomsten av arbeidsoppgaver og tilgang på nødvendig informasjon og ressurser (Øsby-Deglum, et al., 2013). Det er viktig å merke seg at prosessvariabilitet vil påvirke flytvariabiliteten i alle nedstrøms oppgaver. Nedstrøms oppgavers flytvariabilitet vil dermed inneholde prosessvariabilitet fra foregående oppgaver.

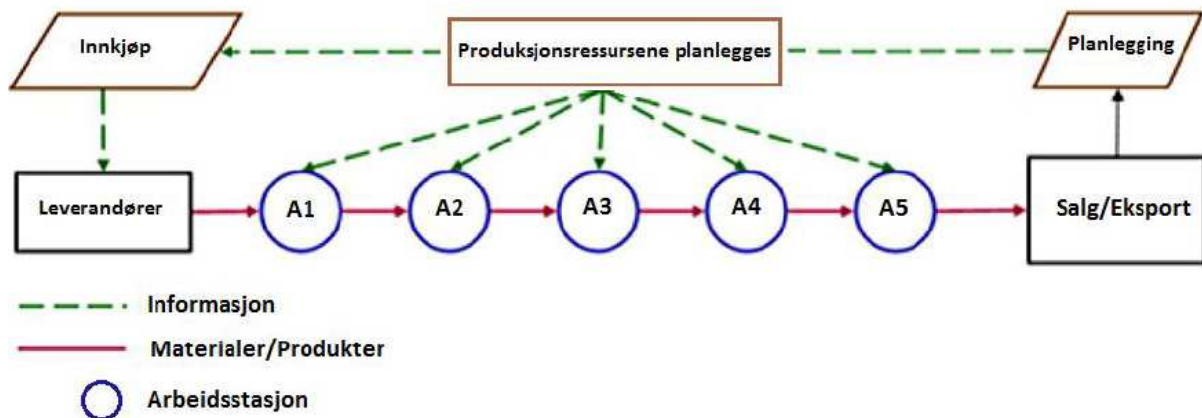
Håndtering av variabilitet gjøres vanligvis ved å benytte buffere. En buffer defineres av Store Norske Leksikon som en «støtpute», som har evnen til å dempe effekten av en uforutsett hendelse (Persvold, 2019). I produksjonssammenheng er bruken av buffere noe som er nødvendig for å håndtere skiftende grad av variabilitet prosessen. Øsby-Deglum et. al. (2013) nevner fire typer buffere: Kapasitetsbuffere, tidsbuffere, inventarbuffere og finansielle buffere. Toyota hadde som utgangspunkt at de ønsket å utvikle et system som var minst mulig avhengig av buffere (Monden, 2012). TPS inneholder dermed en rekke tiltak for å redusere variabilitet i produksjon.

#### **4.2.2 Push- og pullsystem**

Kontroll av produksjonssystemer deles vanligvis inn i to hovedkategorier: push- og pullsystemer (Forbes & Ahmed, 2010). Toyota gikk bort fra et tradisjonelt push-system da de utvikler pull-systemet. Pushsystemet beskrives ved at det tar utgangspunkt i det som er planlagt eller fastsatte prognoser. Pullsystemer forklares ved at ferdigstilling av en aktivitet, utløser oppstarten til en annen aktivitet.



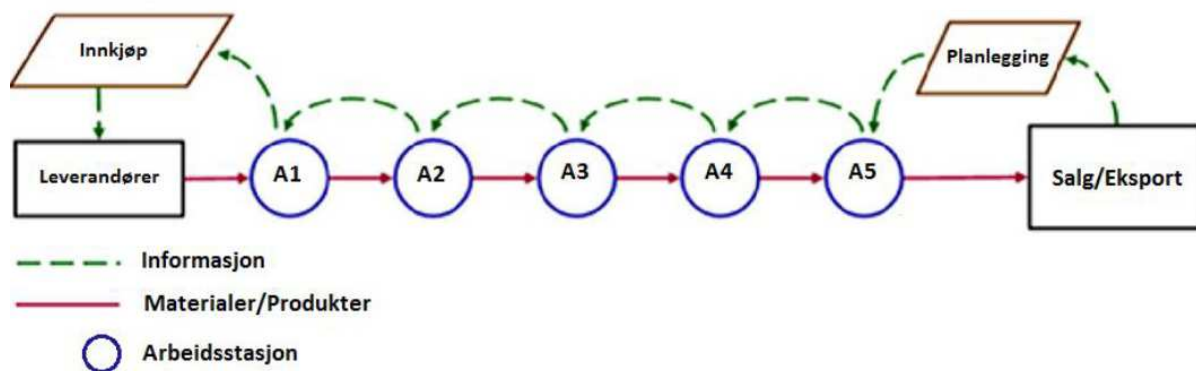
Et tradisjonelt **pushsystem** skyver materialer eller informasjon inn i produksjonen, basert på planer eller prognoser (Hopp & Spearman, 2001). I et push-system vil produksjonsprosessene planlegges og deretter fordeles ut på arbeidsstasjonene etter bestillingene er levert. Konsekvensen av dette kan bli at de ulike arbeidsstasjonene ikke får varene levert i riktig mengde og til riktig tid, se Figur 7 nedenfor.



Figur 7 - Illustrasjon av et push-system (Mordal, 2014)

I push-systemet benytter man seg vanligvis av mellomlagre for hver arbeidsstasjon for å hindre unødvendig stans i produksjonen. Dette vil ofte resultere i overproduksjon, som i TPS beskrives som en form for sløsing (Mordal, 2014).

**Pull-systemet**, i motsetning til push, autoriserer oppstart av arbeid basert på systemets stauts (Hopp & Spearman, 2001). Et slikt system planlegger ikke oppstarten av arbeid, det autoriserer produksjon (Forbes & Ahmed, 2010). Toyota benytter seg av signaler, betegnet som «kanban» på japansk. Disse går nødstrøms og baserer seg på status i produksjonssystemet. Deretter avgjøres det hvorvidt en leveranse skal gjennomføres eller ikke. Hensikten med pull-systemet er å ha en tilmålt kø av materialer som er klare til å dras inn ved neste prosesstrinn. Etter hvert som materialene trekkes, sendes det ut et signal (kanban) til det foregående prosesstrinnet slik at det som ble tatt erstattes. I motsetning til push-systemet, lar aktiviteter seg bare gjennomføre dersom den har tilstrekkelig kapasitet (Ballard, 2000). Dette innebærer at når en arbeidsstasjon trenger leveranser, sendes det ut et signal, og materialer vil bevege seg omtrent på samme tid. Leveransene styres nedstrøms og vare trekkes kun inn i produksjonen dersom det er behov.



Figur 8 - Illustrasjon av et pull-system (Mordal, 2014)

Figur 8 viser hvordan pull-systemet henger sammen. Salgsavdelingen gir beskjed til de som planlegger om hvilket produkt, med mengde, som er bestilt (Mordal, 2014). Denne beskjeden føres så videre til det siste produksjonsleddet, som videreformidler det foregående leddet hvilke leveranser som er nødvendig for å produsere i henhold til bestillingen. Slik fortsetter prosessen gjennom leddene i produksjonen, frem til innkjøpsavdelingen, som har fullstendig oversikt over nødvendige leveranser. Dette videreformidles leverandørene, som etter Just-in-time-prinsippet sørger for leveransene.

### 4.2.3 Just-in-time

Just-in-time (JIT) er et prinsipp for organisering a produksjon, som sikrer at alle nødvendige materialer levers til rett tid og sted, i alle trinn i produksjonsprosessen (Pihl, 2018). JIT handler om at man bare skal produsere det som er nødvendig, når det er nødvendig og i den mengden som er nødvendig (Toyota, u.d.). Målet er å eliminere og all unødvendig vareflyt i produksjon og distribusjon. Verktøyene som ligger i JIT gjør det også mulig for bedriften å redusere lagerbeholdninger og skreddersy et produkt som i størst mulig grad etterlever kundens behov (Pihl, 2018).

Redusering av lagerbehold er, som nevnt tidligere, sentralt i TPS sitt forbedringsarbeid. I praksis gjennomføres dette ved å ta i bruk små ordrer, som tilrettelegger for hyppige varebestillinger og -leveringer, redusert leveringstid og standardiserte bestillingsrutiner (Monden, 2012). Dette stiller strenge krav til leverandørene, både med tanke på kvalitet og punktlighet i leveringene. Unødvendig mellomlagring av varer gir merkostnader knyttet til lagring, i tillegg til skader og defekter som kan oppstå under lagring. JIT sikrer at vareleveransene er satt i sammenheng med produksjonen, slik at kun varer som skal benyttes leveres. Dette eliminerer behovet for mellomlagring, som ellers ville krever mer tid til organisering og håndtering av varene. Omfanget av transporten vil også reduseres da varen kun flyttes én gang, fra leverandør og direkte til arbeidsstasjonen. En annen positiv konsekvens av at materialene som leveres benyttes med én gang, er at mengden materialer som oppbevares i arbeidsstasjonen blir minimale. Slik blir det enklere å holde arbeidsstasjonene rene og ryddige, og dermed ikke skape unødvendige hindringer for arbeidet. Dette eksemplifiserer hvordan JIT er et pull-system, hvor varene trekkes inn når det er behov for dem. Kort forklart er JIT en

tilnærming til produksjonsorganisering, som fokuserer på minst mulig lagerhold og med fokus på flyt (Hopp & Spearman, 2001).

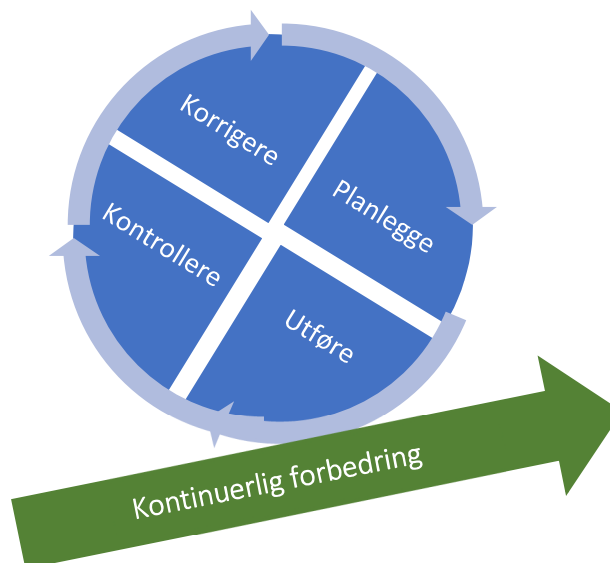
#### 4.2.4 Jidoka

Jidoka utgjør, sammen med JIT, de to søylene i TPS huset beskrevet i starten av kapitlet. Jidoka, betyr automatisering og innebærer at produksjonen skal stanses umiddelbart, dersom feil eller avvik oppdages av mennesker eller maskiner (Monden, 2012). Det er enklere å finne feilen umiddelbart etter produksjonsstans, og man kan dermed finne en optimal løsning på problemet. Stans i produksjonen er ikke gunstig, men dette er viktig med tanke på kvalitetskontroll og kontinuerlig forbedring. På kort sikt vil slike stopp gi redusert produktivitet, men på sikt har man gjennom kontinuerlig forbedring oppnådd et produksjonssystem, som er pålitelig og leverer høy kvalitet.

#### 4.2.5 Kaizen

Kaizen betyr kontinuerlig forbedring på japansk (Monden, 2012). I begrepet ligger tanken om at ingen prosesser er perfekte, det vil alltid være muligheter til forbedring. Hele organisasjonen skal fokusere på å søke forbedring i alle arbeidsoppgaver, noe som krever engasjement og involvering i alle ledd. Kaizen skal tilrettelegge for kontinuerlig forbedring av arbeidsoppgavene og redusert sløsing. Slik kan organisasjonen prestere best mulig innen kvalitet, kostnad og leveranse.

Planlegge, utføre, kontrollere og korrigere (PUKK), er en tilnærming til Kaizen, også betegnet som Demings sirkel (Kjellén & Albrechtsen, 2017). Deming utviklet konseptet på 1950-tallet, og det står sentralt i kvalitetsstyringen som prosess. PUKK representerer en iterativ læringsprosess, der man fra planleggingsstadiet, via utførelse og kontroll, skal lære av feil og dermed korrigere dem. Ideen bak Demings sirkel, er at man skal sikre kontinuerlig forbedring gjennom påfølgende rotasjoner av hjulet. Figur 9 viser en fremstilling av sirkelen.



Figur 9 - Demings sirkel for kontinuerlig forbedringsarbeid, fritt etter Kjellén og Albrechtsen (2017)

### 4.3 Lean construction

Lean Construction (LC) videreutvikler prinsippene fra Lean production og forankrer dem i byggebransjen (Howell, 1999). Dette krever tilpasninger og justeringer slik at filosofien og prinsippene lar seg anvende i prosjektsbasert produksjon. I likhet med TPS og Lean production, er LC en metode for å utforme produksjonssystemer i den hensikt å minimere sløsing og dermed maksimere verdiskapningen. LC er en overordnet filosofi for organisering og samhandling av prosjekter, like mye som det er et sett med operasjonelle verktøy (Lean Forum Norge, u.d.). Begge tilnærmingene er nødvendig dersom man fullt og helt skal lykkes med forbedringsarbeidet.

Målet til både LC og Lean production er det samme, men hvordan de realiseres er forskjellig. Byggeprosjekter er midlertidige og unike, og organiseringen vil kunne variere fra prosjekt til prosjekt. Howell (1999) oppsummerer følgende essensielle karakteristikk ved LC:

- Har et tydelig definert mål for leveransene underveis i prosessen
- Fokuserer på å maksimere ytelsen for kunden i et prosjektperspektiv
- Samtidig utvikling av produkt og prosess
- Benytter seg av produksjonskontroll i hele prosessen, fra utviklingsfase til overlevering

Følgende fem grunnleggende ideer i LC har sitt opphav fra Lichtig (2005). De beskriver hvordan man bør organisere og gjennomføre bygg- og anleggsprosjekter med LC-filosofien i fokus. Kalsaas et al. (2017) beskriver dem slik:

- Forbedre den sosiale relasjonen mellom de involverte partene: Ikke treff hverandre som fremmede og ikke forlat hverandre som uvenner
- Fokuser på å optimalisere helheten, ikke delene: Unngå suboptimalisering
- Trekk opp et nettverk av forpliktelser: Alle er avhengige av hverandre og forpliktet overfor hverandre
- Praktiser virkelig samarbeid: Deling av risiko og belønning
- Etablere en nær relasjon mellom læring og handling: Kontinuerlig forbedringsarbeid

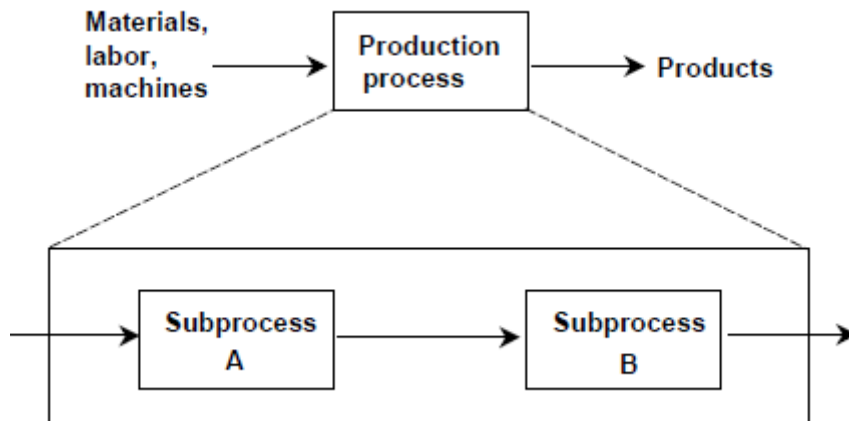
Flyt- og verdiperspektivet står sentralt i LC, altså ikke bare transformasjon, som er hovedfokuset for en mer tradisjonell tilnærming. Produksjon bør altså forstås som en flyt av transformasjoner som skaper verdi i form av et produkt (Kalsaas, et al., 2017). Dette er mer kjent som TFV-teorien (Koskela, 2000). Utviklingen av LC er henger tett sammen med TFV-teorien og Last Planner System (Ballard, 2000), som forklares mer detaljert i påfølgende kapitler.

### 4.4 TFV-teorien

TFV-teorien er utviklet av Koskela (2000) og er i dag den rådende tilnærmingen til produksjonsteori. Gjennom sitt doktorgradsarbeid fant Koskela ut at det historisk sett har hersket tre ulike tilnærminger til produksjonssystemer: Transformasjon, flyt og verdi (Øsby-Deglum, et al., 2013). Disse tre konseptene er sentralt i anvendelsen av LC, og disse forklares nærmere i dette kapitlet.

### 4.5.1 Transformasjon

Transformasjon er den tradisjonelle tilnærmingen til produksjon (Øsby-Deglum, et al., 2013). Selve transformasjonsprosessen handler om å konvertere inputs (materialer, utstyr, informasjon) til outputs (produkter, leveranser). Dette kan enklere beskrives ved at man bruker ressurser for å fremskaffe et produkt. Transformasjonsprosessen deles videre i deltransformasjoner, med tilhørende aktiviteter. Output fra en delprosess vil så danne input for påfølgende delprosess, slik det vises i Figur 10.



Figur 10 - Produksjonsprosessen sett fra et transformasjonsperspektiv, som deles inn i et hierarki av delprosesser (Koskela , 2000)

Ved å optimalisere hver enkel delprosess, vil man kunne øke produktiviteten til hele transformasjonsprosessen. Det er ifølge Koskela (2000) viktig at alle aktivitetene er uavhengige av hverandre, noe som sjeldent stemmer overens med hvordan produksjon i et byggeprosjekt forløper seg. Dermed benyttes det buffere mellom aktivitetene for å fjerne avhengigheter. Problemet med denne tilnærmingen er at den ikke tar hensyn til det som skjer mellom delprosessene, altså flyten.

### 4.5.2 Flyt

Flyt handler om det som ligger mellom de ovennevnte delprosessene (Øsby-Deglum, et al., 2013). Flytprosessen handler altså om de aktivitetene som ligger mellom delprosessene i transformasjonen. Koskela (2000) forklarer flyt i prosessen, med at produktet flyter fra en aktivitet til en annen. Slike aktiviteter kan for eksempel være flytting av utstyr, materiale og mannskap, ventetid, prosessering og inspeksjoner. I den sammenhengen er det viktig at flyaktivitetene er verdiskapende, og dermed bidrar til å eliminere sløsing mellom transformasjonene.

I sin doktorgradsavhandling presenterer Koskela (2000) 6 tiltak, tydelig inspirert av Toyotas syv former for sløsing, for å skape bedre flyt i produksjon:

1. Redusere andelen av ikke-verdiskapende aktiviteter
2. Redusere leveringstiden
3. Redusere variasjonen i de enkelte arbeidene
4. Forenkle produktet, redusere antall deler og avhengigheter
5. Øke arbeidernes fleksibilitet
6. Øke planens gjennomsliktighet ved å visualisere flyten i aktivitetene

### 4.5.3 Verdi

Verdi eller verdiskaping, handler om at det produktet som leveres skal tilfredsstille de krav og spesifikasjoner som er satt av kunden (Koskela, 2000). Det er kunden som avgjør om produktet som leveres har riktig verdi. Verdiskaping handler om å maksimere verdi for alle kunder både interne og slutt kunder, gjennom å minimere verditapet i alle prosesser.



Figur 11 – Verdiskaping i relasjonen mellom leverandør og kunde, fritt etter (Koskela, 2000)

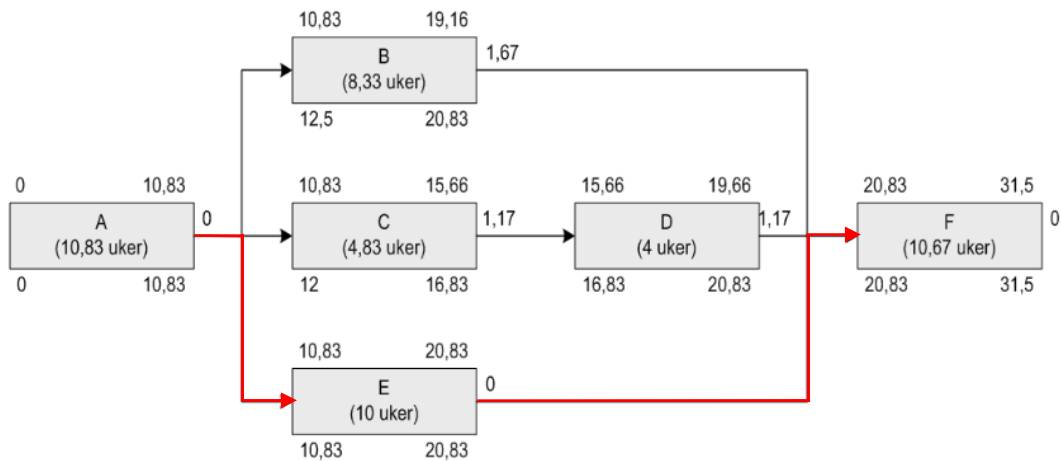
Figur 11 viser en forenklet oppsummering av verdiskapingsprinsippet. Alle aktiviteter som foregår hos leverandør skal være verdiskapende for kunde, ikke bare selve produksjonen (Koskela, 2000). Et annet viktig aspekt er at inputen er basert på informasjon fra kunden, som danner grunnlaget for outputen i tråd med kundens behov.

## 4.6 Aktivitetsbasert planleggings- og styringssystem

Kenley og Seppänen (2010) klassifiserer metoder for prosjektplanlegging i to hovedgrupper: Aktivitetsbaserte og lokasjonsbaserte. Dette kapittelet tar for seg den aktivitetsbaserte, tradisjonelle tilnærmingen til planlegging og styring av prosjekter. Aktivitetsbasert planlegging tar utgangspunkt en struktur hvor arbeidet bytes ned i mindre deler, betegnet som «Work Breakdown Structure» (WBS) (Bonnier & Kalsaas, 2017). Hovedsakelig benyttes det nettverksmetoder, arbeidsnedbrytning, kritiske aktiviteter og kritisk vei. Nettverksplanlegging handler om å identifisere aktiviteter, tildele ressurser, anslå aktiviteters varighet og koble avhengighetene mellom aktivitetene. I påfølgende avsnitt presenteres kort verktøy og metoder, som benyttes i aktivitetsbasert planlegging.

«Critical path method» (CPM) eller kritisk vei-metoden, er en metode som benyttes for å organisere et prosjekts aktiviteter, for å oppnå en felles målsetning (Bonnier & Kalsaas, 2017).

Kritisk vei er den rekken av aktiviteter med avhengighet til hverandre, som vil forsinke hele prosjektet dersom forsinkelse oppstår i én eller flere av aktivitetene. Dette innebærer at det ikke er noen flyt eller slakk i aktivitetene. Hver aktivitet i den kritiske veien vil ikke kunne utvides uten å påvirke prosjektets totale gjennomføringstid (Hussein, 2016). Dette kan en se fra Figur 12, der den røde linjen trekker opp prosjektets kritiske vei. Et slik nettverk vil også illustrere hvilke aktiviteter som har avhengigheter.



Figur 12 - Nettverksplanlegging for å etablere kritisk vei i et prosjekt med aktiviteter A til F, rød strek indikerer kritisk vei (ProsektNorge, u.d.)

I aktivitetsbasert planlegging benyttes Gantt-diagram som visualiseringsverktøy, der milepæler og innsatser fra de ulike fagene listes vertikalt, og aktivitetenes varigheter og avhengigheter fremstilles som horisontale søyler på en tidsskala (Kalsaas, et al., 2017). Bonnier og Kalsaas (2017) fremhever at usystematisk empiri indikerer at CPM sjelden benyttes i Gantt, selv om dette er en funksjon som ligger i programvaren. Med andre ord er brukes den som et tegneverktøy, for å visualisere og skaffe oversikt over et større antall aktiviteter.

Program Evaluation and Review Technique (PERT) ble utviklet med bakgrunn i en kartlegging av hvilke systemer ulike organisasjoner benytter til styring og kontroll av større prosjekter (Bonnier & Kalsaas, 2017). PERT er et system med presis kunnskap om sekvensering av aktiviteter, i tillegg til nøyaktige tidsestimater. Estimatenes baserer seg på erfaringstall, sannsynlighetsberegninger og statistiske fordelinger. PERT benytter tripplestimater for å beregne varigheten til hver enkelt aktivitet. Estimatenes representerer optimistisk-, mest sannsynlig- og pessimistisk varighet for aktiviteten. Basert på tripplestimatenes kan det så beregnes et vektet gjennomsnitt for aktivitetens varighet. Basert på dette og standardavvik kan en beregne sannsynligheten for aktivitetens og prosjektets varighet. Dette gjør at PERT egner seg til å beregne sannsynlig ferdigstillelse for et prosjekt.

Tabell 4 – Eksempel på beregning av forventet varighet basert på tripplestimater

Aktivitet	Triple tidsestimater			Vektet gjennomsnittlig tid for aktiviteten $t_e=(a+4m+b)/6$
	Optimistisk (a)	Mest sannsynlig (m)	Pessimistisk (b)	
A	3	5	7	5,00
B	1	3	4	2,83
C	3	4	6	4,17

Tabell 4 viser hvordan en benytter triple estimater for varighet til å beregne forventet gjennomføringstid. Dette vil være en tidkrevende metode dersom den skal anvendes i byggeprosjekter, og gevinsten er liten sammenlignet ved å benytte CPM, som er mindre tidkrevende. Triple estimater benyttes derimot i kalkulasjon av byggeprosjekter for å ta hensyn til hvordan usikkerheten påvirker kostnadene i prosjekter.

#### 4.6.1 utfordringer med og kritikk av aktivitetsbasert metode

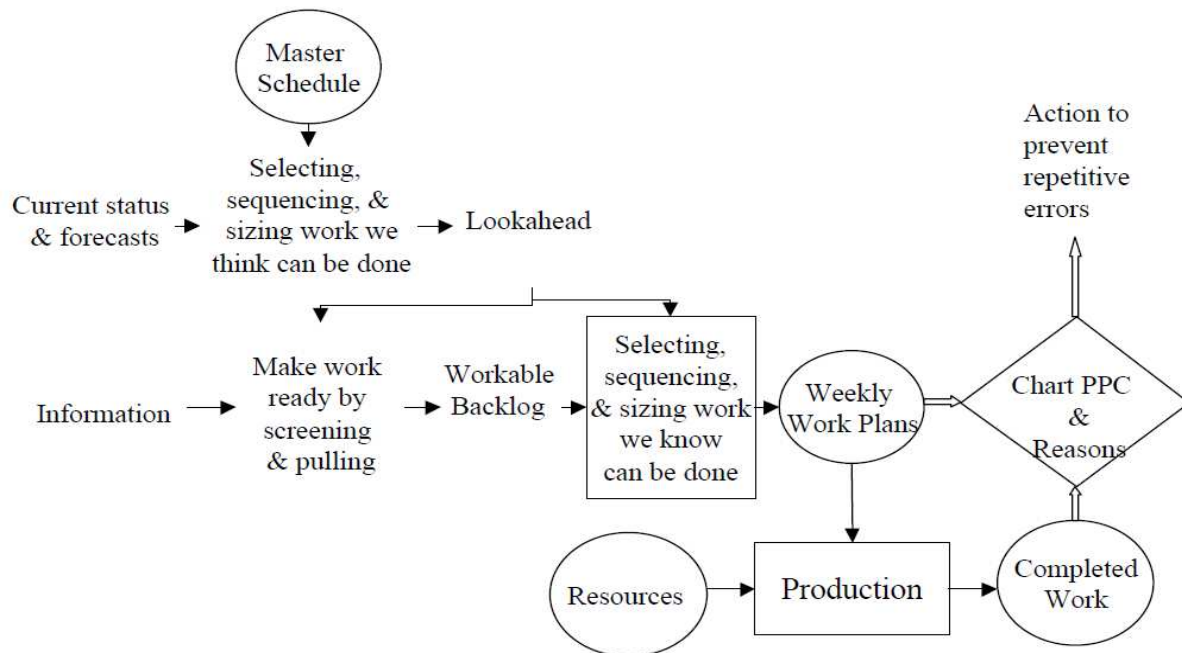
Howell og Ballard (1997) hevder at CPM i hovedsak er utviklet for relativt enkle og forutsigbare prosjekter, og metoden er dermed mindre egnet til å håndtere byggeprosjekter, som ofte er komplekse og av uforutsigbar art. Andre kritikker av aktivitetsbasert metode handler om at metoden bidrar til å separere planlegging fra utførelse (Bonnier & Kalsaas, 2017). Kenley og Seppänen (2010) argumenterer at CPM representerer et fremtidssyn som er i overkant optimistisk, altså at planene oppdateres uten at det tas hensyn til det faktiske produksjonstempoet. Konsekvensen av dette vil være at slutfasen i prosjektene blir kaotisk og travel. En annen ulempe med tradisjonell planlegging er at dokumentene ofte blir omfattende og uoversiktlige, og det kan være krevende å lese status fra planen (Bonnier & Kalsaas, 2017). Dette er bare et lite utdrag av kritikk og utfordringer med de tradisjonelle, aktivitetsbaserte planleggings- og styringssystemene. Som alternativ lanserte Kenley og Seppänen (2010) en annen tilnærming planlegging og styring i prosjekter, nemlig lokaliseringsbasert planleggings- og styringssystem.

### 4.7 Last Planner System

Last Planner System (LPS) er et planleggings- og styringsverktøy som ble utviklet av Glenn Ballard og Gregory Howell på starten av 90-tallet (Ballard, 2000). LPS handler i stor grad om å involvere og delegere en større andel av planleggingen til det utførende ledd (Andersen, 2016). Basen tolkes som den siste planlegger eller «*last planner*», i en hierarkisk kjede av planleggere. Tanken bak dette er at de som best kjenner utførelsen skal være ansvarlig for den detaljerte planleggingen av aktivitetene. LPS utsetter den detaljerte produksjonsplanleggingen, slik at den finner sted så tett opp mot aktivitetene som praktisk mulig (Ballard, 2000). Hensikten og målsetningen med å ta i bruk LPS i byggeprosjekter er forbedre produktiviteten og øke dens pålitelighet (Seppänen, et al., 2010). I LPS ligger det to grunnleggende funksjoner (Ballard, 2000): Kontroll av arbeidsflyt og kontroll av produksjonens enhet og disse forklares mer detaljert



i påfølgende underkapitler. Figur 13 nedenfor illustrerer og gir en oversikt over hvordan LPS er strukturert:



Figur 13 - Flyttdiagram med oversikt over innholdet i LPS (Ballard, 2000)

#### 4.7.1 Kontroll av produksjonsenhet

Tanken bak produksjonsenhetkontroll er at man skal tilrettelegge for en progressiv og kontinuerlig forbedring av oppgavene som kommuniseres til de utførende (Ballard, 2000). Denne kontrollen skal koordinere utførelsen av arbeid innad i produksjonsenhetene, også betegnet som arbeidslagene. Sentralt for LPS som planleggingsverktøy, er målsetningen om å produsere planer av høy kvalitet. Ballard (2000) nevner følgende karakteristikk som er kritisk med tanke på kvaliteten til en planlagt aktivitet:

- Arbeidsoppgaven er klart definert, med detaljert beskrivelse
- Arbeidsrekkefølgen er hensiktsmessig
- Omfanget av arbeidet er passende
- Forutgående aktiviteter er avsluttet med riktig kvalitet og nødvendige ressurser er tilgjengelig

Målinger og kontroll av planleggingsystemets ytelse gjøres enklest ved indirekte måling av faktisk utførelse opp mot planlagt utførelse (Ballard, 2000). Til dette benyttes «*prosent plan utført*» (PPU), som måler andelen av det planlagte ukentlige arbeidet som er ferdigstilt etter planen. En annen parameter som måler andelen av arbeidsoppgavene som er klargjort er «*tasks made ready*» (TMR) (Richert, 2016). Dette innebærer at man måler hvor stor prosentandel av planlagte aktiviteter som var klare til oppstart etter planen. PPU er et nyttig verktøy for å identifisere hvilke typer aktiviteter som ikke gjennomføres i henhold til plan, og på bakgrunn av dette iverksette tiltak for å styre produksjonen tilbake på planen. PPU vurderer bare andelen av de planlagte aktivitetene som er fullført i løpet av uken. Dersom noen av aktivitetene ikke er

klare for utførelse, skal de ikke inkluderes i den ukentlige produksjonsplanen. Slik kan en oppnå 100 % PPU, men likevel ble ikke alle aktivitetene som skulle vært gjort, ferdigstilt. I denne sammenhengen er det nyttig å måle TMR. Dette hjelper planleggerne å fokusere på å fjerne hindringer og tilrettelegge for arbeid. Beregning av PPU og TMR:

$$PPU = \frac{\text{Antall planlagte aktiviteter fullført}}{\text{Totalt antall aktiviteter planlagt}} = [\%]$$

$$TMR = \frac{\text{Antall aktiviteter startet som planlagt}}{\text{Totalt antall aktiviteter planlagt}} = [\%]$$

Begge målene er enkle å beregne og gir sammenlignbare resultater. Dette tilrettelegger for læring i forbindelse med svikt i planleggingen og slik kan en undersøke rotårsakene til problemene, og på bakgrunn av dette iverksette adekvate tiltak for forbedring. Slik vil PPU og TMR legge til rette for en kontinuerlig forbedrings- og læringsprosess i prosjektet.

#### 4.7.2 Kontroll av arbeidsflyt

Med kontroll av arbeidsflyt menes det å sørge for at arbeid beveger seg mellom produksjonsenheter i ønsket rekkefølge og hastighet (Ballard, 2000). Hensikten med kontroll av arbeidsflyten er at man skal sikre god flyt mellom produksjonsenhetene gjennom koordinering og balansering av arbeidsflyten. Denne sekvenseringen og koordineringen av arbeidsflyten hører til under utkikkplanleggingen i planleggingshierarkiet.

Utvikling og gjennomføring av byggeprosjekter medfører planlegging og kontroll utført av ulike personer, i ulike ledd i organisasjonen, på forskjellige tidspunkter i løpet av et prosjekts levetid (Ballard, 2000). Planleggingen på øvre nivå i organisasjonen fokuserer på overordnede mål, milepæler, suksesskriterier og begrensninger. Det er denne planleggingen som trekker opp de ytre rammene for prosjektet, og legger grunnlaget for planlegging på de lavere nivåene i organisasjonen. Dette betegnes som «*master planning*» eller hovedplanlegging og beskriver det som *bør* gjøres. Denne planleggingen utføres i prosjektets oppstartsfasen.

Videre følger planlegging på nivå to, faseplaner (Ballard, 2000). Denne planleggingen gjøres to til tre måneder før oppstart av de ulike fasene. Faseplanene baserer seg på en pull-tilnærming, såkalt bakover-planlegging, der en begynner ved prosjektslutt og planlegger frem til oppstart. Sentralt for faseplanene er at man, gjennom samarbeid på tvers av fagene, skal fastsette rekkefølgen av arbeidene. Faseplanlegging bør også definere tempoet i produksjonen, slik at arbeidet forløper jevnt og uten større variasjoner. I likhet med hovedplanen fokuserer faseplanene på å planlegge det som *bør* gjøres, i tillegg til å sekvensere og balansere arbeidsflyten.

Det tredje nivået i planleggingshierarkiet fokuserer på å definere og planlegge hva som *kan* utføres (Ballard, 2000). En *lookahead*- eller utkikkspan, benyttes for å gi en oversikt over hvilke aktiviteter som planlegges utført i nær framtid, med fokus på hva som *kan* utføres. I denne fasen skal det faktiske arbeidet planlegges og avgjøre hvilke aktiviteter som er klar til å gjennomføres, eventuelt ikke er klare. Utkikkspanene ruller kontinuerlig, typisk med et perspektiv på omtrent seks uker. Det skal vurderes om det eksisterer begrensninger eller

hindringer, som gjør at aktiviteter ikke kan iverksettes. Ballard (2000) nevner følgende sentrale faktorer for arbeidet med utviklingsplanleggingen:

- Arbeidsaktivitetene sekvenseres i hensiktsmessig rekkefølge
- Arbeidsflyten skal sammenfalle med kapasiteten
- Aktiviteter brytes ned til konkrete fysiske arbeidsoperasjoner
- Detaljerte, metodiske beskrivelser for utførelse
- Planer som hører til på høyere nivå i hierarkiet revideres og oppdateres

I denne sammenhengen benytter man seg av en hindringsanalyse (Ballard, 2000). Denne analysen er et sentralt verktøy i LPS og gjennomføres for kvalitetssikring av de enkelte aktivitetene. En slik analyse utarbeides før aktiviteten iverksettes og man vurderer gjennom hindringsanalysen hvorvidt aktiviteten kan skyves fra planlegging, over til utførelse. For at en aktivitet skal kunne starte er det en rekke hindringer som må være fjernet. Aktiviteten vil være avhengig av andre aktiviteter med felles grensesnitt og avhengighet. Andre forutsetninger kan være tilgjengelig material, informasjon, produksjonsunderlag, tid, bemanning, utstyr etc. I denne sammenhengen nevner Ballard (2000) syv forutsetninger som må være til stede for å at aktiviteten skal gjennomføres som planlagt:

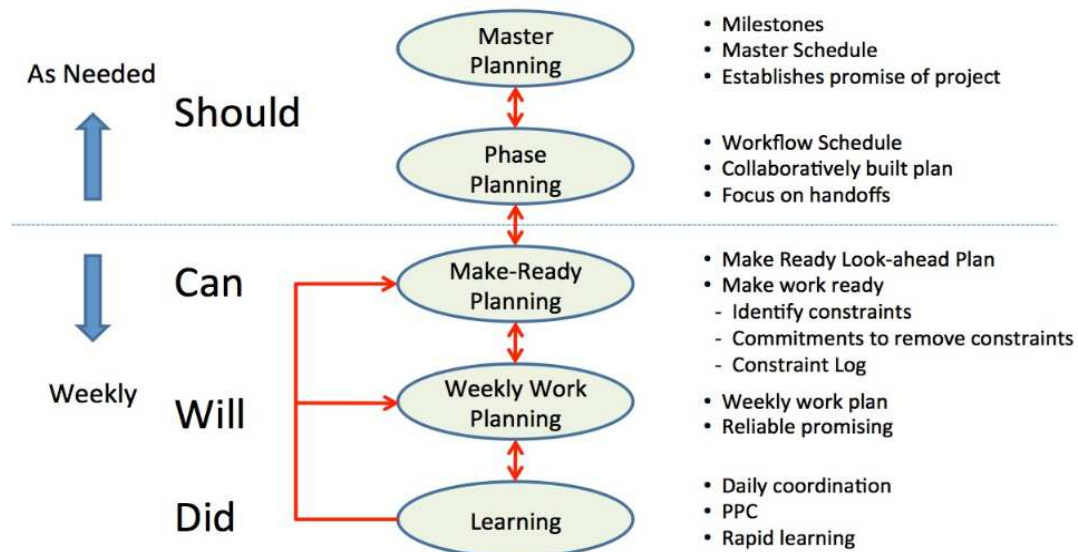
- Forutgående arbeider må være ferdigstilt
- Nødvendig informasjon og produksjonsunderlag må være tilgjengelig
- Riktig bemanning, med riktig kompetanse må være tilgjengelig
- Materialer må være på plass
- Nødvendig utstyr må være tilgjengelig
- Arbeidsstasjonen må være ryddet og tilgjengelig
- Ytre forhold må være akseptable, for eksempel værforhold eller nødvendige godkjenninger

Hindringer vil være forhold som forhindrer en planlagt aktivitet å gjennomføres (Ballard, 2000). Slike hindringer loggføres og ansvar for utbedring delegeres, med tilhørende frist. Aktiviteter som ikke er tilstrekkelig klargjort og tilrettelagt for, er ofte den viktigste faktoren for at prosjektets arbeidsflyt kollapser. Et annet viktig aspekt i utviklingsplanleggingen er at faseplanene, dersom de ikke er tilstrekkelig detaljert, må brytes videre ned slik at de tar hensyn til den ukentlige og daglige driften (Richert, 2017).

Nivå fire i LPS fokuserer på hva siste planlegger *skal* gjøre for å etterleve det som ble fastsatt i faseplanleggingen (Ballard, 2000). Dette gjøres ved å utarbeide ukentlige arbeidsplaner, hvor siste planlegger er ansvarlig for å identifisere og detaljert planlegge arbeidsoppgavene, som dag for dag skal ferdigstilles i løpet av uken. Ukeplanenes pålitelighet og gjennomførbarhet er meget viktig.

Den femte og siste delen av LPS handler om oppfølging, kontroll og erfaringsbasert læring (Ballard, 2000). LPS tilrettelegger for to spesifikke arenaer for læring; det daglige koordinasjonsmøtet og gjennom måling av nøkkelparametere. Den daglige koordineringen omfatter en statusrapportering i forbindelse med dagens produksjon og dersom man ligger bak planen avtales det tiltak og justeringer slik at planen overholdes ved ukeslutt (Richert, 2017).

Målingene gjennomføres ofte som prosent av plan utført eller prosentandel klargjorte aktiviteter. Figur 14 oppsummerer hvordan de ulike planleggingsstadiene i LPS henger sammen.



Figur 14 - En oversikt over planleggingshierarkiet som utgjør LPS (Richert, 2017)

#### 4.8 Lokasjonsbasert planleggings- og styringssystem

Location-based management system (LBMS) bruker soner eller områder, som den grunnleggende enheten for planlegging og styring (Seppänen, 2017). Dette i motsetning til tidligere nevnt tilnærming, som planlegger og styrer med utgangspunkt i aktivitetene.

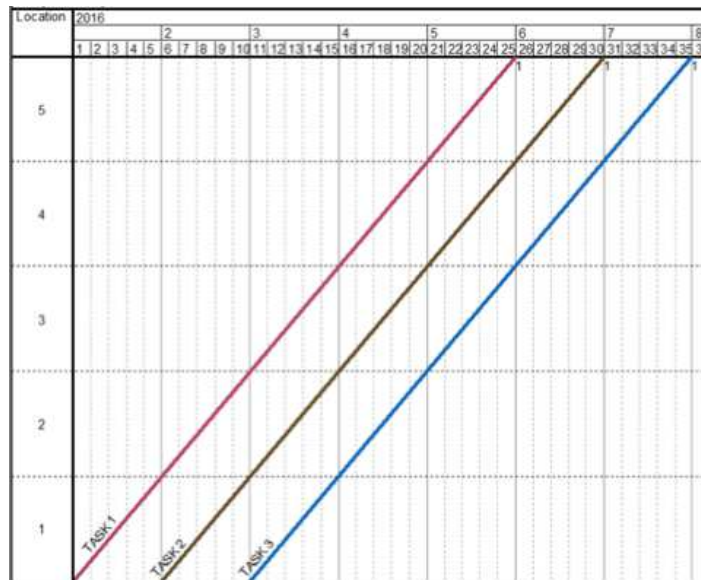
Stedsbasert planlegging tar altså utgangspunkt i soner, kontrollområder eller lokasjoner når produksjon skal planlegges (Seppänen, 2017). Dette forutsetter at prosjektet brytes ned i fysiske soner og at detaljert prosjektering, arbeid og alle prosjektdata planlegges, styres og kontrolleres med utgangspunkt i disse sonene. Områdene er en logisk beholder for prosjektinformasjon, fordi arbeidslag beveger seg gjennom soner. Fokuset i LBMS er forflytningen av ressurser gjennom soneinndelingen i et byggeprosjekt. Sonene beveger seg ikke og kan dermed overvåkes enkelt (Kenley & Seppänen, 2010). Arbeidsoppgaver flyter gjennom sonene, og logikken forutsettes å være gjentakende i hver sone der de samme arbeidsoppgavene eksisterer (Seppänen, 2017).

Stedsbasert metode for planlegging og styring kan deles inn i to underkategorier, basert på hvordan produksjonen forløper seg (Kenley & Seppänen, 2010):

- Enhetsproduksjon, hvor fokuset ligger på de repeterbare aktivitetene. Produksjonen deles inn basert på hvordan aktivitetene relaterer seg til hverandre
- Stedsproduksjon, hvor fokuset ligger på inndeling av produksjonsområdene og flyten av ressurser gjennom dem.

Enhetsproduksjon fokuserer på å ha en jevn ferdigstillelse av repeterbare aktiviteter (Kenley & Seppänen, 2010). Dette er typisk for lineær- og fabrikkproduksjon. Denne tilnærmingen vil også kunne være relevant for byggeprosjekter med høy grad av repeterbart arbeid.

Stedsproduksjon handler om hvordan arbeidet forløper seg i de ulike sonene, altså tempoet som aktivitetene ferdigstilles etter (Kenley & Seppänen, 2010).



Figur 15 - Flytlinje for tre aktiviteter med balansert produksjonsrate (Seppänen, 2016)

Figur 15 viser en slik tilnærming til produksjon, der tre planlagte aktiviteter er balansert i samme produksjonstempo. Av figuren ser man at når oppgave 1 er ferdig i sone 1, så starter oppgave 2 i samme sone, og deretter oppgave 3. Slik viser linjene hvordan de ulike aktivitetene henger sammen med hverandre og hvilken sone de oppholder seg i til enhver tid. Slike flytlinjer benyttes ofte i sammenheng med LMBS og er et spesielt nyttig verktøy for å visualisere produksjonen og planlegge fremdrift.

Kenley og Seppänen (2010) konkluderer med at soneinndelingen bør gjelde for de fleste fagene, og da spesielt for alle fag i samme fase. De foreslår også å fjerne implisitte buffere ved å planlegge små soner og ferdig-start-avhengigheter mellom aktivitetene. Kontroll og oppfølging i LMBS innebærer at fremdriften overvåkes, ytelsesstatistikk beregnes og prognoser for fremtidig produksjon basert på faktisk produksjonshastighet (Frandsen, et al., 2015).

## 4.9 Taktplanlegging

Dette underkapittelet starter med en generell introduksjon til taktplanlegging, og utviklingen av metoden. Deretter beskrives prosessen med å utvikle en taktplan og hvordan planen følges opp og kontrolleres i produksjon. I tillegg presenteres korrektive tiltak ved problemer, bruken av digitale verktøy og hjelpemidler og metodens anvendbarhet i byggebransjen. Videre beskrives Porsche-takt, som er utgangspunktet for slik Veidekke benytter takt i dag. Til slutt presenteres utfordringer med taktplanlegging, basert på erfaringer fra norske taktprosjekter.

#### **4.9.1 Utviklingen av og introduksjon til taktplanlegging i byggebransjen**

Første gang takttid ble registrert benyttet i et byggeprosjekt var under oppføringen av Empire State Building i 1930 (Haghsheno, et al., 2016). De siste 5-10 årene har taktplanlegging i byggeprosjekter vært gjenstand for forskning i en rekke publikasjoner. Hovedvekten er fra prosjekter i USA, men også prosjekter i Norge er forsket på, spesielt gjennom masteroppgaver.

Lean-filosofien, anvendt i byggebransjen, handler hovedsakelig om å øke verdiskaping for kunden ved å redusere sløsing (Forbes & Ahmed, 2010). Et av de viktigste prinsippene i LC handler om å oppnå en kontinuerlig arbeidsflyt i produksjonen og redusere variabiliteten. Ifølge Yassine et al. (2014) er nøkkelen til å oppnå dette å produsere etter en bestemt takttid, som er avledet fra etterspørselen.

Taktplanlegging tar sikte på å identifisere soner med minst mulig variasjon i arbeidstetthet (Frandsen, et al., 2015). Hvert enkelt fag må ferdigstille arbeidet i sonen innen den forutbestemte takttiden, som vil forbli uendret gjennom produksjonsfasen. Planen utarbeides ved involvering av aktuelle parter, slik at den er omforent. I den sammenhengen forplikter alle fagene til å overholde takttiden. En taktplan kan visualiseres ved hjelp av flytdiagrammer, hvor alle kurvene er parallelle. Taktplanlegging benytter ikke tidsbuffer, som for eksempel LMBS, men benytter seg av kapasitetsbuffer. Dette løses enten ved at en har ubenyttet kapasitet som kan settes inn ved behov. Eventuelt kan man tilordne fagene et redusert arbeidsomfang, i forhold til antatt kapasitet. Dersom produksjonsenhetene ikke har mer arbeid, vil de føres over til soner som er utenfor takten, såkalte bufferområdet. Dette vil være nødvendig i prosjekter med ujevn arbeidstetthet.

I taktplanlegging settes takttiden av en sentral beslutningstaker, på vegne av alle fagene involvert i takten (Kalsaas, et al., 2015). Produksjonen med takt vurderes som pushbasert, ettersom takttoget følger et fast tempo, som er basert på forhåndsberegnete varigheter og ikke på grunn av pull-signaler utstedt basert på status i et produksjonsområde. Taktplanlegging etablerer forhåndsdefinerte og detaljerte tidsplaner for utførelse av arbeid basert på soner eller kontrollområder. Taktplanen legger klare føringer, og arbeid iverksettes på bakgrunn av denne forutsigende planen.

#### **4.9.2 Utarbeidelse av en taktplan**

Frandsen et al. (2013) og Yassine et al. (2014) presenterer og forklarer i sine arbeider en sekstrinns iterativ prosess, for utvikling av en taktplan:

1. Informasjons- og datainnhenting: For å lage en taktplan kreves det erfaringstall og produksjonsdata for hvert fag, og produksjonssystemet som helhet. Dette skal foreligge i god tid før oppstarten av produksjonen. Hvert fag planlegger og visualiserer en ønsket arbeidsflyt, definerer hva som kan utføres, hvor lang tid som behøves og hvilke forutsetninger som må være til stede. Dette gjøres i tråd med LPS og den siste planlegger, basen, har det overordnede ansvaret for å identifisere arbeidsomfanget og hvordan, av hvem og i hvilken rekkefølge produksjonen skal foregå. I denne fasen er det viktig at planene til de ulike fagene er realistiske og samkjøres for å hensyn til helheten.

2. Definere sonene: Takten defineres som den tiden et fag tildeles for å fullføre sitt arbeid i en sone. Sonene danner utgangspunktet for hvordan produksjonen fordeles og grunnlaget for oppfølging og kontroll. Ideell inndeling innebærer at hver sone har tilsvarende produksjonsrate for bestemte arbeidsoppgaver.
3. Bestemme fagrekkefølge: I denne delen av prosessen benyttes samkjørings- og koordineringsmøter, der alle involverte fagfelt deltar aktivt. Møtene skal etablere hvilket arbeid som må gjennomføres i en sone, avklare grensesnitt og avhengigheter. Utgangspunktet for fagrekkefølgen baserer seg på pull-systemet. Der ferdigstilling av en arbeidsoppgave, utløser iverksettelsen av en påfølgende oppgave. For å sikre at planen er realistisk og pålitelig, kreves det i denne fasen ytterligere detaljeringer og avklaringer.
4. Avgjøre fagenes varighet: Med bakgrunn i erfaringstall og eventuelle prøvegjennomføringer, bestemmes den faktiske gjennomføringstiden så nøyaktig som mulig. Dette punktet henger sammen med det neste, og fastsetting av varigheter i en balansert arbeidsflyt, er ikke noe som alltid vil kunne etableres umiddelbart. Varighetene beregnes gradvis gjennom kontinuerlig fokus på læring og forbedring.
5. Balansere arbeidsflyten: Med utgangspunkt i soneinndelingen, fagrekkefølgen og deres varigheter, balanseres arbeidsflyten. I den sammenheng er det viktig å identifisere eventuelle flaskehalsar i produksjonssystemet. Det foretas justeringer av produksjonstempoet, for å ta hensyn til de fagene som ligger over eller under takttiden. Ved balansering av arbeidsflyten er det nyttig å ta i bruk flytlinjediagrammer for å visualisere hvert enkelt fagfelts planlagte flyt og fremdrift.
6. Ferdigstille produksjonsplanen: I denne fasen skal den endelige produksjonsplanen fastsettes. Planen må være i henhold til takttiden, og hvert enkelt fag må være helt sikre på at tildelt arbeid i sonene vil la seg gjennomføre etter takten. Det er viktig å registrere og kontrollere fremdriften kontinuerlig, slik at man kan iverksette tiltak med én gang takten begynner å skli ut. De korrigerende tiltakene bør være avtalt og tydelig definert på forhånd, slik at de involverte vet hva som kreves dersom de ikke klarer å holde takten.

Proessen starter med et grovt utkast til prosjektets innhold. Ved å bearbeide og utvikle planen gjennom stegene, utvikler planen seg gradvis til å bli en pålitelig produksjonsplan med kontinuerlig flyt.

### **4.9.3 Taktproduksjon**

Produksjon med takt skiller seg på en del punkter fra mer tradisjonelle tilnærminger (Eylertsen, et al., 2017). Med taktplanlegging bygger en i et forhåndsbestemt tempo, som normalt ikke justeres etter oppstart. Det som derimot vil justeres er bemanningen i de ulike kontrollområdene, slik at takten ikke overskrides eller skli ut. I aktivitetsbaserte metoder kan man justere opp bemanning for å øke fremdriften, noe som vil være vanskeligere å gjennomføre med takt. Dette vil innebære et taktskifte og endringer i de innarbeidede rutinene.

Produksjonen forløper i sonene, der fagfeltene skilles tydelig fra hverandre (Skaret, 2017). Dette medfører at en til enhver tid vet hvilket arbeid som foregår i en sone, og hvem som utfører det. Oppfølging og kontroll blir mer oversiktlig, og det er lettere å iverksette korrigerende tiltak. Logistikken skal i taktproduksjonen utføres etter JIT-prinsippet, og dette medfører arbeidslagene får forløpende leveranser med utgangspunkt i takten og soneinndelingene.

Mindre varer på byggeplassen vil gjøre det enklere å holde den ryddig og få oversikt. Ved overlevering av sonene mellom fagfeltene kreves det at området er klargjort, ryddet og vasket for nestemann i rekken.

Taktplanens høye detaljeringsgrad gjør at arbeidshverdagen blir mer oversiktlig, siden aktørene vet hvor og når de skal gjennomføre arbeidet hver uke (Eylertsen, et al., 2017). Når fredagen etter endt takt kommer skal arbeidet i sonen være ferdig, og fagene vet hvor og hva de skal påfølgende mandag.

Bølviken et al. (Bølviken, et al., 2015) presenterer følgende karakteristikker ved produksjonen i et byggeprosjekt som benytter taktplanlegging:

- Det benyttes en bestemt byggeretning
- Inndelingen av bygningen i soner med omtrent samme størrelse og omfang
- Produksjonen i et område foregår for ett fagfelt om gangen
- Arbeidet skal gjennomføres innenfor tidsrammer med samme varighet
- Ved overlevering av en sone til et annet fag, har man god kontroll på ferdiggraden og kvaliteten på arbeidet
- Buffere bestående av arbeidsoppgaver og underlasting/ekstra kapasitet

#### **4.9.4 Taktkontroll**

Taktkontroll har til hensikt å kontrollere de områdene der produksjon foregår i et prosjekt (Binniger, et al., 2017). Daglige taktmøter på byggeplass er i denne sammenhengen spesielt viktig. En bygge- eller anleggsleder er ansvarlig for å holde møtene, og alle formenn/baser fra fagene er deltakende. Ute i produksjonen benyttes det takttavler, som skal bidra til fremdrifts- og kvalitetskontroll, samt transparens i produksjonen. For å motivere de ansatte til å delta på møtene, bør de involveres i problemløsningsprosessen. Dermed blir justeringer mellom planlagt og gjeldende status, utført for hver takttid (Kenley & Seppänen, 2010). Dette tilrettelegger for rask implementering av nødvendige tiltak. Følgende nøkkelpunkter, som bør måles i forbindelse med taktkontroll fremsettes av Binniger et al. (2017):

- Antall arbeidere per fagfelt
- Antall maskiner
- Overholdelse av taktplanen
- Antall feil og mangler i produksjon
- Sikkerhetsindikatorer, antall ulykker og brudd på sikkerhetsreglementet
- Antall forstyrrelses av arbeidet
- Informasjon om renhet og ryddighet

Siden takten består av korte tidsintervaller, vil påfølgende arbeider i takten påvirkes umiddelbart dersom det oppstår endringer i forhold til den planlagte produksjonsraten (Haghsheno, et al., 2016). Taktkontrollen skal skape den nødvendige stabiliteten i produksjonen.



#### 4.9.5 Korrektive tiltak og justeringer

Dersom planleggingen ikke er tilstrekkelig god nok og man ikke klarer å følge taktplanen, må justeringer gjøres før konsekvensene blir for store. Dersom arbeidet ikke flyter og det oppstår flaskehals i produksjonen, er det viktig at man ikke lukker øynene for dette og tenker at det går over. Slike problemer vil vokse om man ikke tar tak i dem, og jo tidligere desto bedre. Nedenfor presenteres noen tiltak, sett bort fra justering av bemanning, som kan bidra til å få takten tilbake på planen (Frandsen, 2017):

1. Endre rekkefølgen av fagene/vognene i toget. Etter hvert som taktproduksjonen kommer i gang, kan det vise seg at den rekkefølgen som man antok var mest hensiktsmessig, ikke er det. Dermed kan det bli nødvendig å gjøre justeringer i fagrekkefølgen. Dette kan gjøres på ulike måter. Man kan velge å bare justere rekkefølgen i toget, men beholde alle vognene eller endre rekkefølgen ved å tilføye vogner i toget. Dersom en ønsker å beholde toget slik det er, kan man flytte arbeidsoperasjoner internt, mellom vognene.
2. Endre sonene. Dette kan være et godt tiltak dersom man opplever at produksjonen går raskere eller saktere i forhold til takten for noen av fagene. Jo mindre soner, desto raskere kan man kjøre takten. Dette fungerer godt dersom de små sonene tildeles et tidsvindu som er tilstrekkelig for å løse eventuelle problemer som kan oppstå. Dersom avsatt tid blir for kort, og hindringene for mange, kan det være nødvendig å øke størrelsen på sonene. Større soner, med økt korresponderende taktid, vil bidra til å imøtekomme arbeidslagenes behov for problemløsning underveis i produksjonen. Generelt kan det være en god idé å forme planen med utgangspunkt i større soner, som etter hvert kan reduseres når arbeiderene blir kjent med planen.
3. Stoppe og opp og ta igjen det ugjorte. Om man er godt i gang med planen og det oppstår for mange hindringer slik at for eksempel bare 50 % av arbeidet ferdigstilles til planlagt tidspunkt, vil det ofte være mer hensiktsmessig å stoppe opp og løse problemene med en gang. Det kan være noen utfordringer med oppstarten, men som fagene selv klarer å justere og ta igjen de første ukene. Dersom problemene forsetter etter dette bør man stoppe opp og korrigere tidlig, fordi problemene mest sannsynlig vil føre til stopp før eller senere.
4. Starte takten med redusert hastighet/arbeidsmengde. Dette handler om å skape tro på at taktplanlegging er gunstig og at planen vil la seg følge. Slik kan en legge opp taktproduksjonen etter en plan med høy pålitelighet. Etter hvert som fagene blir kjent med arbeidet og planen, kan man vurdere å justere dersom det overproduseres.
5. Flytte arbeid ut av takten. I planleggingsfasen er det ofte fort gjort å overvurdere evnen til å produsere og man kan også bli i overkant ambisiøs med tanke på hva som bør inkluderes i taktplanen. I planleggingsfasen kan det være fristende å implementere så mye som mulig av produksjonen i taktplanen, men dette kan vise seg å være ugunstig etter hvert som produksjonen kommer i gang. Det kan være hensiktsmessig å trekke noen arbeidsoppgaver ut av takten, selv om de skal gjennomføres i sonene. I tillegg kan man vurdere å utelate områder fra takten.
6. Visualisere det som er ikke ble gjennomført. I alle tilfeller er det viktig å identifisere hvilket arbeid som til enhver tid ikke er ferdig i rute. Dette vil være enklere dersom man produserer etter en taktid i definerte soner, sammenlignet med en produksjon som ikke

har en fast takttid eller soneinndeling, der arbeidet foregår i hele bygget. Ved taktplanlegging er det enklere å se hvordan planen forløper og identifisere og korrigere variabilitet. Dersom arbeidet og avvik følges opp visuelt er det mye enklere å kommunisere problemer og skape forståelse for løsninger og utbedringer.

#### **4.9.6 Digitale verktøy og hjelpemidler**

Taktplanlegging bør gjennomføres ved hjelp av digitale planleggingsverktøy. Yassine et al. (2014) konkluderer i sitt arbeid at de tradisjonelle verktøyene, blant annet MS Project og Gantt-diagrammer, ikke er gode nok til å visualisere de ulike arbeidslagenes produksjonskapasitet. Vico Control (ProjectControls, u.d.) er et planleggingsverktøy som er laget for stedsbasert planlegging. I programmet kan en dele inn i soner, definere aktiviteter og deres avhengigheter og visualisere dette i et flytlinjediagram. Vico tilbyr også 5D-modellering, som i tillegg til fremdriftsaspektet, har en femte dimensjon for kostnadsestimering.

Virtual Design and Construction (VDC) henviser til bruken av integrerte tverrfaglige metoder og verktøy, for effektiv transformering av prosjektmål til målbare prosjekt- og produksjonsplaner (Kunz & Fischer, 2009). VDC er virtuelt fordi digitale modeller benyttes for å beskrive prosjektet. I den sammenhengen benyttes, Building Information Modelling (BIM), for å visualisere bygningselementene i VDC-modellen. Gjennom VDC samles en rekke ulike aktører for å planlegge i fellesskap. Dette gjennomføres som Integrated Concurrent Engineering (ICE). Målet med ICE er å ta oppmerksomheten til prosjekteringsteamet vekk fra avvik, som ikke er verdiøkende for prosjektet. Gjennom ICE-samlinger rettes fokuset mot tydeliggjøring av mål, metode og ordbruk, sekundære ansvarsområder og ventetid på svar fra andre involverte parter. Spesielt i den fasen der de ulike fagene planlegger sammen er dette verktøyet nyttig for å kontrollere grensesnittene.

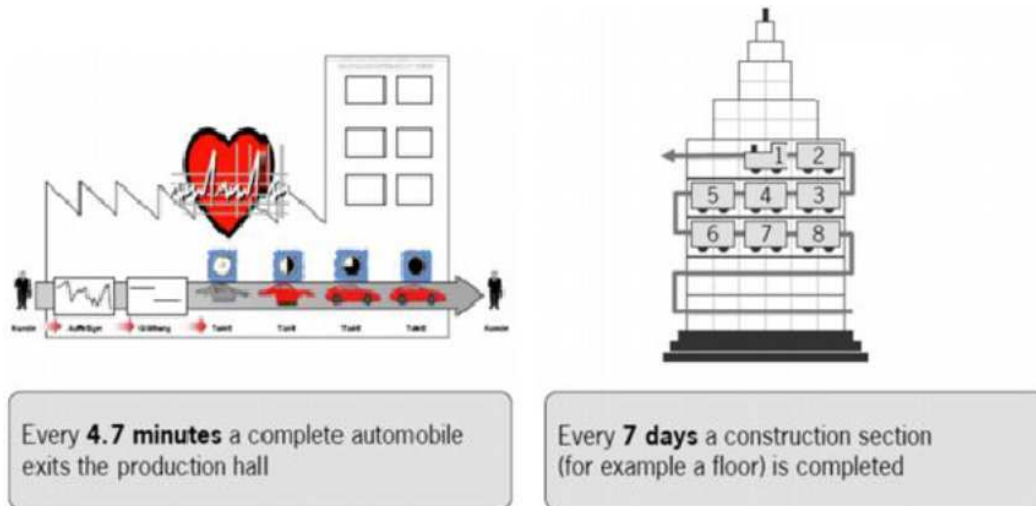
Veidekke benytter Dalux (2019) i sine byggeprosjekter. Dette er et digitalt verktøy som har 2D og 3D integrert, der man kan se modeller og tegninger samtidig. I tillegg til digitalt produksjonsunderlag kan man opprette og tildele oppgaver, direkte fra mobil eller nettbrett. Programmet har også digitale sjekklister og skjemaer, for kvalitetssikring, avviksregistrering og oppfølging.

#### **4.9.7 Anvendelse av taktplanlegging**

Taktplanlegging i bygge- og anleggsbransjen har tradisjonelt sett begrenset seg til prosjekter med høy grad av repeterbart arbeid, herunder veibygging, rørledninger, hoteller, leilighetsblokker og kontorbygg (Linnik & Berghede, 2013). Taktplanlegging vil være enklere å gjennomføre i prosjekter der en tydelig soneinndeling fremkommer, dominert av repeterbart arbeid. Linnik et al. (2013) sier i forbindelse med sitt arbeid knyttet til et sykehusprosjekt, at taktplanlegging også vil være anvendbart i prosjekter som ikke er repeterbare. Det påpekes at metoden oppnår de største besparelsene i større prosjekter der det er høy grad av gjentakende arbeider, for eksempel leiligheter, hoteller og kontorbygg, men at dette ikke er forutsetninger som må være tilstede for at metoden skal kunne gi besparelser og økt kvalitet.

#### 4.9.8 Porsche-takt

Porsche Consulting har utviklet en modell for taktplanlegging for byggebransjen, med inspirasjon fra bilindustrien (Porsche Consulting, u.d.). Metoden tar sikte på å overføre og tilpasse tankesettet bak samlebåndsproduksjon, til byggebransjen (Andersen, 2016).. I den klassiske samlebåndsindustrien beveger produktet seg gjennom de stasjonære produksjonsenhetene. Dette snus på hodet i byggeprosjekter, der arbeidslagene eller arbeidsstasjonene beveger seg gjennom kontrollområdene.



Figur 16 - Taktplanlegging bilindustrien og byggebransjen (Mordal, 2014)

Figur 16 viser hvordan samlebåndsproduksjonen foregår hos Porsche. Hvert 4,7 minutt ferdigstilles en bil, og dette er takttiden som hver arbeidsstasjon har til rådighet (Andersen, 2016). I byggebransjen er takten betraktelig lengre og Porsche anbefaler at takttiden baserer seg på én arbeidsuke. I praksis betyr dette at hver uke fullfører et fag sitt arbeid i et kontrollområde, og rekken av aktiviteter hopper ett hakk frem. Porsche benytter et tog med vogner for å visualisere hvordan byggeprosessen forløper seg. Toget består av vogner (arbeidsoperasjoner) i en bestemt rekkefølge, basert på deres avhengigheter til hverandre. Hver vogn tildeles et arbeid som innen takttiden skal fullføres i en sone, før toget kjører videre.

Målet med å implementere Porsche-takt i byggeprosjekter er å fjerne sløsing, få bedre kontroll på fremdriften, oppnå bedre kvalitet og gjøre ting riktig første gang (Andersen, 2016). For å oppnå dette baserer Porsche seg på 5 forutsetninger for sunn produksjon i byggeprosesser: Det riktige faget (1), med riktig kapasitet (2), til riktig tid (3), med riktig kvalitet (4) og på riktig plass (5). For å oppnå dette tar Porsches modell utgangspunkt i fire prinsipper fra Lean, mer spesifikt det som beskrives som et JIT- produksjonssystem, nemlig flyt, takt, pull og null-feil.

**Flytprinsippet** handler om å dele inn bygget i kontrollområder, som er relativt like og inneholder omtrent den samme arbeidsmengden (Andersen, 2012). I et tradisjonelt leilighetsprosjekt vil et kontrollområde utgjøre en etasje eller en leilighet. Kontrollområdene bør være tilstøtende, enten horisontalt eller vertikalt, for å sikre best mulig flyt i produksjonen. Områder i bygget som ikke er repeterbare, som fraviker fra resten av kontrollområdene må identifiseres. I et prosjekt kan dette for eksempel være næringsarealer, som ikke passer i takten med leilighetene. Slike områder bør trekkes ut fra taktplanen og behandles spesielt. Figur 17

viser NærByen, et kombinert nærings- og boligprosjekt, der næringsarealene i 1. etasje er ikke er inkludert i taktplanen.



Figur 17 - Eksempel på etasjevis inndeling i og sekvensering av kontrollområder i et leilighetsbygg (Veidekke, 2018)

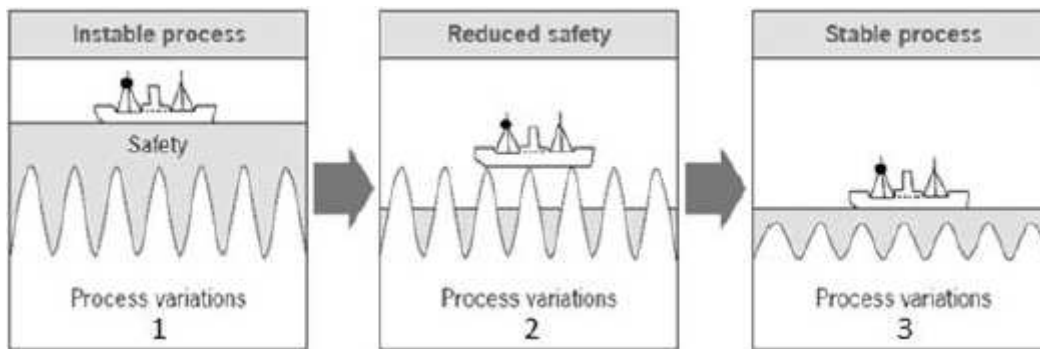
**Taktprinsippet**, slik Porsche beskriver det, handler om å avstemme arbeidsomfanget til alle fag til en felles takttid (Andersen, 2012). Fagenes bemanning justeres internt slik at alle vognene i toget produserer etter den fastsatte takten. I motsetning til planlegging basert på aktivitetsbasert metode, der aktiviteter har varierende varighet, har aktivitetene bestemt varighet gjennom hele taktproduksjonen. Fremdriftsplaner som baserer seg på Porsche-takt vil derfor se ganske annerledes ut en slike planer. Figur 18 viser et utklipp fra en taktplan, der kolonnene representerer uker (takttiden) og radene representerer etasjer (kontrollområder).

		9	10	11	12	13	14	15		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Blokk	Etg																			
A1	3	1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12		13	14	15		
A1	2		1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11		12	13	14	15	
A1	1			1	2	3	4	5		6	7	8	9	10		11	12	13	14	15
B	6	V		B P A	1	2	3	4		5	6	7	8	9		10	11	12	13	14
B	5		V	B P A		1	2	3		4	5	6	7	8		9	10	11	12	13
B	4			V B P A			1	2		3	4	5	6	7		8	9	10	11	12
B	3				V	B P A		1		2	3	4	5	6		7	8	9	10	11
B	2					V	B P A			1	2	3	4	5		6	7	8	9	10
B	1						V	B P A			1	2	3	4		5	6	7	8	9
A2	3				Ges	Tak	TT	V		B P A		1	2	3		4	5	6	7	8
A2	2					V				B P A		1	2		3	4	5	6	7	
A2	1						V			B P A			1		2	3	4	5	6	

Figur 18 -Utklipp fra eksempel på fremdriftsplan i Excel etter taktprinsippet (Veidekke, 2018)

**Pull-prinsippet.** Ferdigstillelsen av vognenes arbeid i et område representerer signalet for at neste fag kan starte (Andersen, 2012). Signalet sier samtidig at nødvendige materialer og ressurser skal transporteres til kontrollområdet, samtidig som avfall transporteres ut.

**Null feil-prinsippet.** Direkte inspeksjoner av utført arbeid skal gjennomføres jevnlig, med den hensikt å luke ut feil ved kontinuerlig forbedring og stabilisering av alle prosessene som inngår i produksjonen (Andersen, 2012). De ovennevnte prinsippene gjør det mulig å luke ut feil fra ett kontrollområde og videre i produksjonsrekken. Det faget som overtar produksjonen i området er ansvarlig, sammen med nåværende fag, for å kontrollere at kvaliteten er god og at ingen feil videreføres.



Figur 19 - Illustrasjon av den kontinuerlige forbedringsprosessen mot en stabil prosess (Mordal, 2014)

Figur 19 illustrer prosessen med å gå fra en ustabil prosess til en stabil prosess (Mordal, 2014). På det første bildet ser man at bufferne er uforholdsmessig store, vanligvis representert av tids-, -material og kapasitetsbuffer. Porsche-takt legger til grunn en reduksjon i bruk av buffer for å kunne redusere sløsing. På bilde to er det fortsatt høy prosessvariabilitet, men nå er bufferne redusert slik at potensielle problemer vil fremkomme tydeligere. Med utgangspunkt i feil, avvik og problemer som avdekkes, starter forbedringsprosessen. Problemene tas tak i med én gang, istedenfor å gjemme dem ved å pakke dem inn i buffer. Det tredje bildet representerer det ønskede resultatet av forbedringsprosessen. Her fremstår byggeprosessen som stabil, med redusert prosessvariabilitet og redusert bruk av buffer.

#### 4.9.9 Utfordringer med takt

Taktplanlegging er en metode for planlegging av produksjon som krever mer detaljert og nøye gjennomtenkt produksjonsplanlegging på et tidlig stadium i et prosjekt (Skaret, 2017). Dermed vil planleggingen være en av de største utfordringene med takt. Det kan være krevende å få basene til å løfte blikket fra det tradisjonelle 3-ukersperspektivet til planleggingshorisonter på 6 måneder eller mer. Planlegging med takt vil være mer tid- og ressurskrevende før produksjonsstart, som konsekvens av den høye detaljeringsgraden.

Andersen (2016) nevner i sin bok en rekke utfordringer knyttet til bruken av takt på Kunnskapssenteret St. Olavs i Trondheim. I påfølgende avsnitter er det gjort en oppsummering av de mest fremtredende utfordringene man opplevde i forbindelse med dette prosjektet. Det er viktig å påpeke at utfordringene kun er basert på erfaringer fra ett prosjekt, men mye vil være overførbart til andre taktprosjekter.

I Porsche-takt vil man, som følge av de tette koblingene mellom vognene og redusert bruk av buffer, kunne få problemer med å håndtere variabiliteten som ofte oppstår i en byggeprosess. Det trekkes frem en generell sårbarhet knyttet til den tette koblingen mellom vognene i takttoget, logistikk med små leveranser og endringer i planer og produksjonsunderlag. Tette koblinger mellom aktivitetene gir lite slakk i planen, som kan skape dominoeffekter, der problemer ett sted i produksjonen rask sprer seg til andre deler av taktssystemet. I et slikt system med lite slakk vil man ha begrenset mulighet til å flytte på ressurser for å skape fleksibilitet. Dette må tas hensyn til i planleggingen, slik at man kan håndtere problemer med takten. Er det ikke er planlagt for, vil flytting av ressurser intern i prosjektet for å bøte på svikt i fremdrift, skape problemer for den enheten som mister ressurser.

Spesiell sårbarhet ved omfattende feil. Planfeil vil få store konsekvenser og eventuelt behov for å gjøre endringer i arbeidsrekkefølgen. Jo tettere planen/produksjonssystemet er lagt opp, desto lettere oppleves mindre avvik som graverende.

Bemanning er kritisk i et så tett og sammenknyttet produksjonssystem som takt er. Dette krever detaljert planlegging og aller helst meget gode erfaringstall. Det bør likevel planlegges inn en buffer, i form av at man antar en noe svakere produktivitet enn det erfaringstallene fra tidligere prosjekter tilsier. Det er også viktig at man klarer å identifisere så mye som mulig av det arbeidet som skal gjennomføres i de ulike vognene. Da er det viktig at man involverer de som har best kjennskap til produksjonen. Dersom arbeidet er mer omfattende enn det som framgår av planen, vil man fra oppstart få problemer med å holde fristene. Relativ overbemanning vil være et tiltak for å unngå dette, altså underestimering av kapasiteten til vognene. Et annet alternativ kan være å benytte såkalte «runners». Dette innebærer at de ulike fagene har en tilgjengelig reservebanning, som kan settes inn dersom man ikke klarer å produsere i henhold til planen.

Flaskehals oppstår når ett fag ikke klarer å holde fremdriften, og dermed vil det fylles opp med flere fag i dette kontrollområdet. De fagene med svakest tempo, blir dermed flaskehals i produksjonskjeden, og dette bidrar til en kødannelse. Med en gang flere fag opererer i samme område, er hensikten med taktplanlegging delvis borte og man mister oversikten.

#### **4.10 Kommunikasjon og samhandling i byggeprosjekter**

Kommunikasjon og samhandling henger tett sammen med hverandre, og er sentrale suksessfaktorer for gjennomføring av byggeprosjekter. Både lav tillitt og sviktende samhandling trekkes frem som stadige utfordringer i norske byggeprosjekter (Bygg21, 2019b). Konsekvensen blir ofte problemer knyttet til utydighet, uforutsigbarhet, konflikter og tvister, dårlige løsningsvalg, feilproduksjon og sløsing av ressurser.

**Kommunikasjon** defineres som formidling og deling av ideer og informasjon (Allott, 2019). Røsdal og Ørstavik (2011) sier at effektiv kommunikasjonsflyt er avgjørende i prosjektsammenheng, og at byggeprosjekter byr på flere kommunikasjonsutfordringer. En naturlig del av prosjektbasert arbeid, er at de ulike aktørene ikke alltid har forenelige mål, og dette kan føre til uenigheter, spenninger og konflikter. Dainty et al. (2006) har i sin bok oppsummert en del karakteristikk for hva kommunikasjon i organisasjonssammenheng er. Disse er gjengitt her etter Røsdal og Ørstavik, med fokus på byggeprosjekter (2011):

- Normal inneholder kommunikasjon overføring av informasjon. I byggeprosjekter vil omfanget av informasjon være mangfoldig og omfattende, som følge av et relativt stort antall aktører.
- Kommunikasjon utjevner avstander. Avstander kan by på utfordringer, dersom aktører i byggeprosjekter ikke er samlokaliserte.
- God kommunikasjonsevne er en sosial ferdighet, som innebærer effektiv interaksjon mellom mennesker. Byggeprosjekter samler mange personer, fra ulike aktører og firmaer, og er avhengig av kommunikasjon mellom mange ulike individer.
- Mellommenneskelig kommunikasjon handler om overføring av fakta, følelser, verdier og meninger. Kommunikasjon mellom mennesker beskrives derfor som subjektiv og

verdilatet. Byggeprosjekter representerer ingen eksakt vitenskap, og dermed vil en subjektiv fortolkning være nødvendig.

- Kommunikasjon skjer også mellom grupper og organisasjoner. Byggeprosjekter gjennomføres ved at en rekke aktører samarbeider og er i utgangspunktet en gruppeaktivitet.
- Man kan se på kommunikasjon som en transaksjon, hvor noe utveksles mellom de aktuelle partene. Bygging kan også sees på som en kjede av transaksjoner mellom involverte aktører. Forenkling av transaksjonene, sees på som en av nøklene til forbedring av kommunikasjon i byggeprosjekter.

Effektiv og god kommunikasjon innebærer at alle parter i en relasjon forstår og kan handle korrekt, med utgangspunkt i den informasjonen som til enhver tid gjøres tilgjengelig (Bygg21, 2019c). Med andre ord er det ikke tilstrekkelig at man selv oppfatter kommunikasjonen som god, den samme oppfatningen av kommunikasjonen må også finnes hos den andre parten i relasjonen.

**Samhandling** betyr at aktørene i prosjektet er i stand til å innrette effektive prosesser og utvikle relasjoner, som er hensiktsmessige for å nå målene (Bygg21, 2019c). Omfanget av feil kan reduseres dersom samarbeidet mellom partene bedres, både i planleggings- og produksjonsfasen. Bygg21 (2019b) understreker at forskning og erfaring fra flere land tilsier at verdibasert samhandling bidrar til mer effektiv prosjektgjennomføring, mer solide planer, bedre løsninger og mindre feil og konflikter. Manglende åpenhet og tillit mellom aktørene i byggeprosjekter, trekkes frem som en av hovedforklaringene på mangelfull samhandling i norske byggeprosjekter.



Figur 20 - Tillit og effektivitet i byggeprosesser (Bygg21, 2019b)

Bygg 21 (2019b) benytter pyramiden, vist i Figur 20, som inspirasjon for sine seks hovedanbefalinger for å skape god samhandling i byggeprosjekter. Disse seks veiledende anbefalingene er som følger (Bygg21, 2019b):

1. Definere tydelige, felles mål, som alle involverte aktører jobber mot
2. Sette sammen et velfungerende prosjektteam

3. Definere og etablere konkrete arenaer for samhandling
4. Foreta felles usikkerhetsstyring for prosjektet
5. Planer må være gjennomtenkte og definere klare grensesnitt
6. Kommunikasjonen må være presis, rettidig og løsningsorientert

Anbefalingene til Bygg21 er i tråd med sentrale elementer innenfor LC og VDC (Bygg21, 2019c). Anbefalingene gir hver for seg konkrete handlingsrettede tiltak, som man fra erfaringer ser at gir økt verdiskaping i prosjekter. I tillegg pekes det på at tidlig involvering av entreprenør og nøkkelpersoner fra alle aktører, er en viktig faktor for å lykkes i byggeprosjekter.

#### **4.11 Involvering og samspill i byggeprosjekter**

Involvering i tidligfase krever at det er utarbeidet et opplegg hvor aktørene har anledning å kommunisere sine forventninger til prosjektet og bli kjent med hverandre (Bygg21, 2019c). Aktuelle aktører involveres i planleggingen av produksjonen og fremdriftsplanleggingen, som anbefales gjennomført i tett samspill mellom fagene. Dette bidrar til at aktørene får avklart sine roller og hvordan de passer inn i helheten.

I den sammenhengen er Integrated Project Delivery (IPD) meget aktuell. IPD er en modell for samhandling, der tidlig involvering av utførende, leverandører og nøkkelpersoner fra alle parter, er i fokus (Bygg21, 2019c). Til dette benyttes det en felles insentivmodell der prosjektresultatene legger føringer for alle aktørers suksess. I tillegg benyttes samlokalisering for å legge til rette for hensiktsmessige og effektive beslutningsprosesser. Øsby-Deglum et al. (2013) sier at gjennom tidlig involvering av alle aktører og økt bevisstgjøring omkring tverrfaglig samhandling mellom partene, vil man bidra til økt helhetsforståelse for sluttproduktet.

Samspill har de senere fått et større fokus, der blant annet egne entreprisereformer med dette i fokus er etablert (Difi, 2018b). I samspillsentrepriser kontraheres en samspillsgruppe, der de viktigste prosjekterende og utførende involveres i tidligfase. Gruppen skal gjennom samarbeid gjennomføre prosjekteringen, mot en omforent målpris.

#### **4.12 Basrollen i byggeprosjekter**

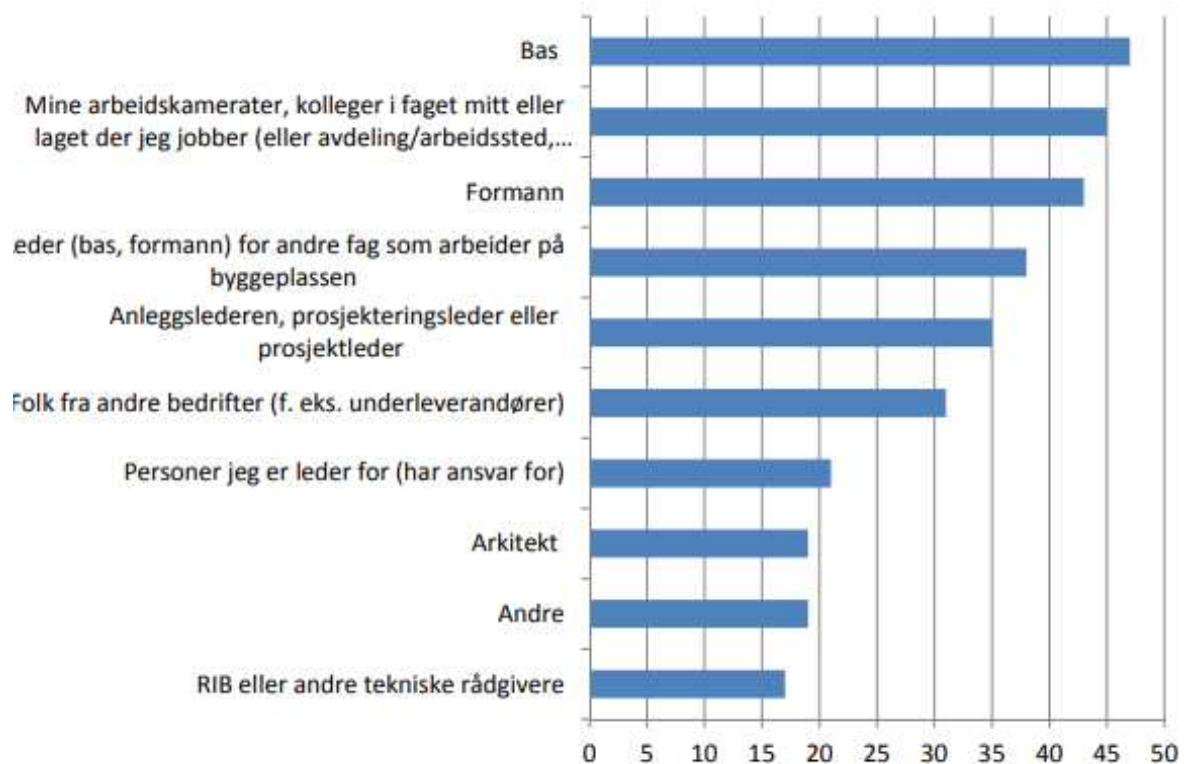
Tradisjonelt sett har basens rolle i byggebransjen vært å lede et arbeidslag, bestående av håndverkere, i produksjonsarbeidet på byggeplass (Torget, 2004). Normalt består disse arbeidslagene av 2-15 medlemmer, men dette vil kunne variere veldig fra fag til fag og prosjekt til prosjekt. Basen representerer det laveste ledelsesnivået på en byggeplass, og fungerer dermed som en arbeids- eller førstelinjeleder. På tross av basens lederrolle, er han likevel en av de som betegnes som timelønnede i et byggeprosjekt. Med timelønnede menes de faglærte og ufaglærte produksjonsarbeidere, som ikke er en del av funksjonærteamet. Den formelle bakgrunnen til en bas vil være håndverksutdannelse, der fagbrev normalt er det eneste kravet til formalkompetanse. I tillegg til fagbrev vil en bas ofte ha flere års erfaring innen sitt fagområde.

Basens hovedansvar har vært å sørge for at laget produserer i henhold til planer og krav, og selv delta i deler av produksjonen (Torget, 2004). Basen er derfor ansvarlig for hvordan laget disponerer sine ressurser og timer, slik at følger de fastsatte produksjonsplanene. De siste årene



har mer omfattende standarder og krav før til økende grad av kompleksitet i byggeprosjekter. I tråd med denne utviklingen har basene fått et økt omfang av administrative oppgaver. Dette omfatter planlegging, møtevirksomhet, føring av timer, tilrettelegging, kvalitetssikring og dokumentasjon. Basrollen er derfor spesielt viktig med tanke på å sikre god informasjonsflyt og kommunikasjon mellom byggeledelsen og håndverkerne. Den todelte rollen til basen, der basens ansvar inkluderer både administrative oppgaver og oppgaver knyttet til direkte produksjon, vil i perioder kunne skape et stort arbeidspress.

Figur 21 viser resultatene fra en survey knyttet til kommunikasjonen ute på byggeplass, i forbindelse med en casestudie gjennomført av Røsdal og Ørstavik (2011). Spørsmålet som ble stilt de utførende var: «Hvem du må snakke med om jobben og oppgavene dine i løpet av en vanlig uke, for at du skal kunne gjøre en god jobb?» Resultatet viser at baser har en meget viktig kommunikatív funksjon i byggeprosjekter, og er meget sentral i den daglige driften på byggeplassen.



Figur 21 - Resultater fra survey om kommunikasjon i byggeprosjekter (Røsdal & Ørstavik, 2011).

I byggeprosjekter som benytter seg av taktplanlegging, kreves det enda mer av basene, spesielt planleggingsfasen. I tråd med IP og Last Planner involveres basene tidlig i planfasen (Andresen, et al., 2014). Basene får i stor grad ansvaret for en rekke nødvendigheter i forbindelse med utarbeidelse av en taktplan (Vatne & Drevland, 2016). Dette vil typisk være soneinndelinger, fagrekkefølger, bemannings- og logistikkplaner. Basene har, gjennom inngående erfaring med og kunnskap om utførelse, gode forutsetninger for å bidra til utviklingen av en pålitelig og realistisk taktplan. Slik sett er basene en viktig ressurs i den detaljerte produksjons- og fremdriftsplanleggingen.

## 5 Casebeskrivelse – NærByen

NærByen er et byggeprosjekt som består av både boliger, næringsarealer, parkeringskjeller og felles utearealer. NærByen består i alt av 154 leiligheter i ulike størrelser og omkring 3000 m<sup>2</sup> næringsareal, totalt 19000 m<sup>2</sup>. Veidekke er totalentreprenør, mens byggherre er Sorgenfri utviklingselskap i samarbeid med Veidekke Eiendom og Frost Holding. Prosjektets kontraktssum er på i overkant av 300 millioner NOK, som innebærer at dette er et relativt omfattende byggeprosjekt.



Figur 22 - Illustrasjon av første byggetrinn NærByen (Adresseavisen, 2018)

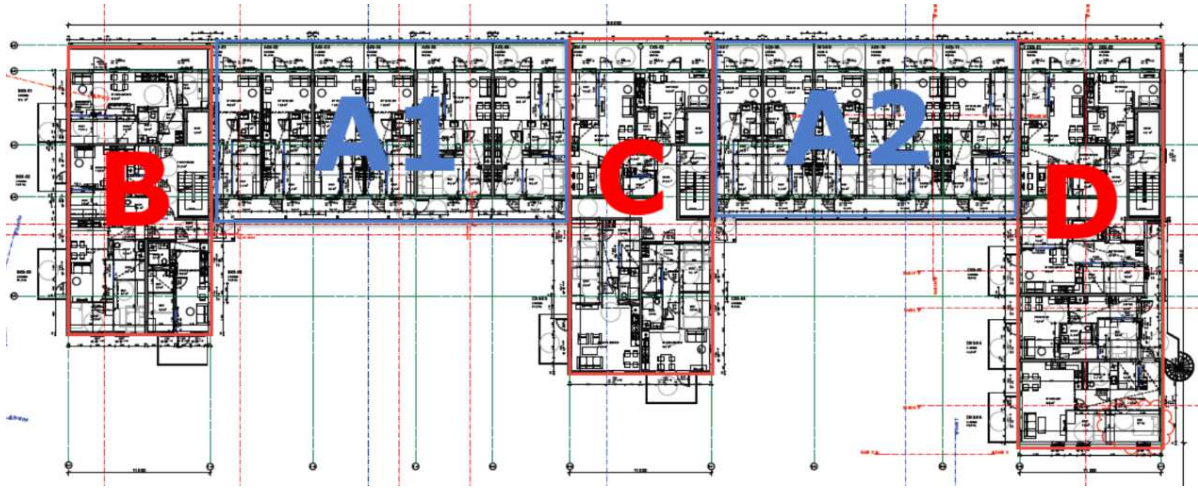
Den delen av prosjektet som denne oppgaven tar for seg er høyblokker B, C, D og lavblokker med svalgang A1 og A2. I blokkene varierer antall leiligheter, og størrelsen på dem, fra etasje til etasje. Antall leiligheter går fra 6 i A1 til 2 i B, mens det totale arealet per etasje omtrent er det samme. Tabell 5 viser antall leiligheter og arealfordeling per blokk.

Tabell 5 - Liste på innhold i prosjektet

Bygningsdel	Etasjer	Antall leiligheter	Samlet areal
A1 og A2	3	32	1345 m <sup>2</sup> BRA-S
B	6	22	1020 m <sup>2</sup> BRA-S
C	8	29	1549 m <sup>2</sup> BRA-S
D	7	29	1493 m <sup>2</sup> BRA-S

Oppstart bygging var februar 2018, og innredningsarbeidene med takt startet i uke 9 2019. Overlevering av næringsarealet er november 2019 og boliger i slutten av januar 2020. Figur 23 viser et hvordan første salgstrinn er inndelt i blokker, som takten baserer seg på. Toppleilighetene i blokk C og D er plukket ut av hovedtaket. Næringsarealene er ikke en del av studien, da disse er plukket ut av taktplanen. Fremdriftsplanen for toppleilighetene er lagt

opp etter takt, men gjennomføres på siden av hovedtaktplanen. Hovedårsaken til dette, er at toppleilighetene har plassbygde badrom, mens det i resten av leilighetene benyttes prefabrikkerte badromskabiner.



Figur 23 – Plantegning blokker i første salgstrinn

## 6 Resultat

Kapittelet skal presentere resultatene fra dokumentstudier, intervjuer og observasjoner gjennomført i forbindelse med casestudien. Delkapitlene er strukturert slik at de representerer resultater knyttet til forskningsspørsmålene. Først presenteres prosessen med å etablere taktplanen, med fokus på basenes rolle, hovedsakelig basert på dokumentstudiet. De påfølgende delkapitlene baserer seg hovedsakelig på intervjuene, med unntak av møter og samlinger, som baserer seg på observasjonene. Avslutningsvis oppsummeres resultatene knyttet til hvert enkelt forskningsspørsmål i en punktliste.

### 6.1 Prosessen med å utvikle taktplanen

I dette delkapittelet presenteres resultatene fra dokumentasjonsanalysen i forbindelse med casen. Siden mesteparten av planprosessen har foregått før oppstart av denne masteroppgaven, har det vært nødvendig å gjennomgå dokumenter for å få oversikt over hva som er gjort. Dokumenter som er gjennomgått er blant annet diverse presentasjoner, planer, avtaler og lignende, for fullstendig liste se Tabell 3.

#### 6.1.1 Forberedelser før taktplanleggingen

Prosessen med å utvikle taktplanen startet tidlig i prosjektet. Funksjonærteamet ble sammensatt tidlig, og var enig om at man skulle benytte takt. Kjernepersonell ble plukket ut på bakgrunn av erfaring og kompetanse med takt, både i funksjonærteam og blant Veidekkes egne baser. Anleggsleder tømmer hos totalentreprenør Veidekke, har hatt hovedansvaret for å drive prosessen med taktplanleggingen. Fra tidligere prosjekter har Veidekke erfart at man er helt avhengig av underentreprenørens engasjement og eierskap til planen for å lykkes med takten. Det har derfor vært fokus på tidlig involvering og skape positive sosiale relasjoner mellom alle aktørene som er involvert i takten. I tråd med Last Planner og involverende planlegging, har de utførende, representert ved basene, fra første stund vært involvert i taktplanleggingen.

I forkant av selve taktplanleggingen, var det nødvendig å bestemme de ytre rammene. Dette omfatter en avgrensning i tid, men også på hvilke deler av prosjektet man skal benytte takten. Da dette prosjektet gjennomføres som papirfri byggeplass for første gang i Trondheim, har det vært nødvendig med noe opplæring i bruk av digitale verktøy. Prosjektet benytter Dalux, som verktøy for produksjonsunderlag, kvalitetssikring og oppfølging. Programmet gjør det mulig å fortløpende legge inn oppgaver og avvik, og samtidig holde oversikt med taktstatus.

Før prosessen med utarbeidelse av selve taktplanen startet, ble det avholdt en detaljert gjennomgang av produksjonsunderlaget. Her ble basene involvert for å studere og kontrollere av underlaget, sammen med både arkitekt og prosjekteringsleder. Ved å involvere basene i denne prosessen, fikk de påvirkningsmulighet på arbeidsunderlaget og gjøre nødvendige endringer. En annen positiv effekt av dette var at basene nå hadde inngående kjennskap til produksjonsunderlaget, og dermed var godt forberedt før gjennomføringen av taktworkshopene.

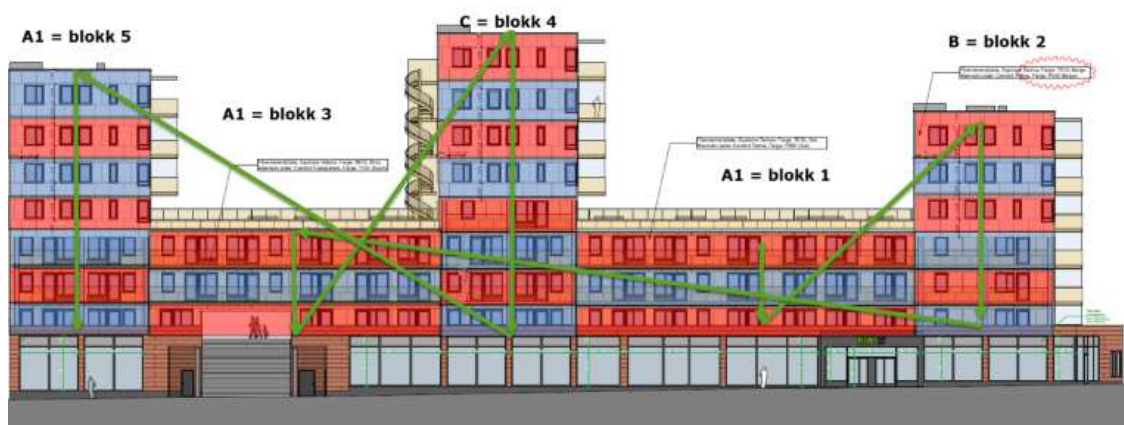
### 6.1.2 Gjennomføring av taktplanleggingen

Denne prosessen ble gjennomført i 3 deler, der alle fag involvert i takten deltok. På samlingene var fagene representert av bas og/eller saksbehandler. Totalt ble det avholdt 4 taktworkshoper, og resultatene presenteres her.

**Workshop 1** ble gjennomført 29.11.2018, 12 uker før oppstart taktproduksjon. Målet med den første workshopen var å fastsette inndelingen i taktområder og sekvensere dem. I tillegg skulle forberedende aktiviteter identifiseres og implementeres i planen. Til slutt skulle alle aktivitetene i takten identifiseres og plasseres i en hensiktsmessig rekkefølge. Før selve planleggingsarbeidet startet ble det avholdt en introduksjon til prosjektet og en gjennomgang av prinsippene som ligger i takt.

Første oppgave i dette møtet var å inndele prosjektet i soner, som skal ferdigstilles på ukesbasis. Basene fikk ansvaret for å bestemme dette, i samråd med anleggsledelsen til Veidekke og saksbehandlerne til de ulike underentreprenørene. Det ble bestemt at taktområdene skulle bestå av etasjer i blokkene. Arbeidsmengden i etasjene er relativt lik og man sikrer nærhet mellom sonene, og forenkler dermed logistikk og transport mellom dem. Etasjevis inndeling passet godt overens med mengden arbeid per uke, og sikrer at hver vogn i takttoget får en hel etasje for seg selv å jobbe uforstyrret i.

Deretter skulle produksjonsrekkefølgen bestemmes, altså sekvensering av etasjene. I stedet for å starte nedenfra, som tradisjonelt har vært tilnærmingen i Veidekkes andre taktprosjekter, starter man her fra øverste etasje i hver blokk og jobber seg nedover. Dette gjør det mulig å låse av og stenge etasjene etter hvert som de ferdigstilles. Etter hvert som etasjene er klare, kan man rigge ned stilas og provisoriske løsninger og anretninger, dette skyves ned en etasje helt til blokken er ferdig. Slik unngår man unødvendig forflytning av personell, materiell og utstyr gjennom de ferdigstilte områdene. Av Figur 24 kan ser vi at taktproduksjonen starter i 3. etasje i A1 og jobber seg ned. Tilsvarende gjentas for de påfølgende blokkene B, A1, C og D, i den rekkefølgen. Hver etasje i de ulike blokkene representerer en sone, der takttiden er satt til én uke, 5 arbeidsdager.



Figur 24 - Vertikal fremstilling av soneinndeling og produksjonsrekkefølge

Etter soneinndelingen ble de forberedende aktivitetene behandlet. Dette er aktiviteter som legger rett i forkant av takten og må være ferdigstilt før taktproduksjonen starter. Forbedrende

aktiviteter som ble identifisert er; tett tak, vindusinnsetting, blåseisolasjon, plast og lekting og gulvavretting. I tillegg ble det avklart hvilke aktiviteter som var gunstige å gjennomføre før oppstart med taktproduksjonen, slik at de kunne plukkes ut av takten. Ved å trekke gulavrettingen og isolasjonen ut av takten, ble taktplanen komprimert på tid. Samtidig fikk man fjernet to kritiske og relativt omfattende arbeidsoppgaver, som kan skape problemer for takten.

Neste punkt på agendaen var å identifisere aktiviteter og plassere dem i en hensiktsmessig rekkefølge. Lappeteknikken ble benyttet og basene fikk hovedansvaret for å identifisere aktivitetene for sine fag og notere disse på lapper. Deretter startet prosessen med å samle og plassere fagene/aktivitetene i en rekkefølge, som sikret mest mulig effektiv fremdrift. Basene diskuterte seg så, i fellesskap, frem til den rekkefølgen som var gunstigst for helheten. Visualisering av produksjonen bidro til å tydeliggjøre avhengigheter, grensesnitt og avdekke eventuelle feil og mangler. Aktivitetene ble plassert i vogner og fikk tildelt en plass i takttoget. Her var det ønskelig å oppnå mest mulig enfaglighet i vognene, uten at dette gikk på bekostning av fremdriften. Det ble ikke planlagt noen vogner der man har flere fag med grensesnitt mot hverandre. Enfaglighet sikrer at de ulike fagene ikke må inn og ut av samme etasje unødvendig mange ganger, og dermed får gjort mest mulig den uken man er i etasjen.

Figur 25 viser resultatet etter en økt med lappeteknikk, der post-it-lappene representerer aktiviteter og fargen gjenspeiler dens eier i form av fag. Noen av vognene inneholder aktiviteter fra flere enn ett fag for å unngå at antall vogner blir for mange. Med utgangspunkt i denne sammensetningen av aktivitetene, ble det utarbeidet et førsteutkast til takplan i Excel.



Figur 25 - Resultatet etter en økt med lappeteknikk, gjennomført i casen

Etter første workshop ble det avholdt en sosial sammenkomst, der alle deltakerne gikk ut sammen for å spise. Hensikten var å skape relasjoner internt mellom basene, men også mellom ledelsen og basene slik at man la et godt grunnlag for samarbeid videre planleggings- og produksjonsfasen.

**Taktworkshop 2** ble gjennomført 13.12.2018, 10 uker før oppstart taktproduksjon. Både saksbehandlere og baser var tilstede. Målene for denne samlingen var å fastsette timeverk og bemanning, og utarbeide en logistikkplan for alle fagene i takten. I tillegg var taktplanen, slik den ble bestemt fra første workshop, gjenstand for evaluering og eventuelle korrigeringer. Basene estimerte antall timeverk med bakgrunn i erfaringstall, egne erfaringer og produksjonsunderlaget. Estimaten ble beregnet med utgangspunkt i 6 ulike områder, slik at man tok hensyn til eventuelle variasjoner i arbeidsomfang mellom etasjene. Siden

arbeidsomfanget er noe forskjellig fra etasje til etasje, har de ulike vognene noe varierende bemanning. Dette tyder på at basene har vært nøyaktig da de estimerte timeverkene og bemanningen blir mer realistisk. Det er planlagt inn noe overbemanning i de fleste vognene i oppstartsfasen, for å bøte på eventuelle oppstartsproblemer. Denne overkapasiteten gjør at taktproduksjonen er mer robust fra starten, og etter hvert som takten setter seg kan man plukke arbeidere ut av takten.

Logistikken ble lagt opp i tråd med JIT-prinsippet, der varer leveres fortløpende i takta. Dette krever godt gjennomtenkte og detaljerte leveranseplaner og bestillingsskjemaer, som utgjør grunnlaget i en push-tilnærming. Her spiller basene en viktig rolle for å avklare hvilke varer det er behov for, og ikke minst til hvilket tidspunkt. Riggområdet på prosjektet er trangt, og dette medfører at det er begrenset mulighet til å mellomlagre varer på byggeplassen. Dette er løst gjennom fortløpende leveranser, der de ulike fagene har fått tildelt et tidsvindu i løpet av uken for leveranser og forflytning av varer. Det er også avholdt oppstartsmøter med leverandørene. I møtene er det informert om krav og forventninger til leveransene.

**Workshop 3** ble gjennomført 10.01.2018, og også her var både saksbehandlere og baser til stede. Oppgaver for denne samlingen var å gjennomføre hindringsanalyse, risikovurdering, utarbeide en felles taktavtale og gjennomgang av plan og møtestruktur. Hindringsanalysen ble gjennomført med bakgrunn i de syv forutsetningene for en sunn aktivitet. Fagene, representert av bas og saksbehandler, gikk gjennom alle aktiviteter i felleskap. Hindringsanalysen presenterer en rekke kritiske forhold og momenter, som potensielt kan hindre en sunn utførelse.

Risikovurderinger ble gjennomført for alle vognene i toget, og basene var ansvarlig for sin(e) vogner. Alle vognene ble brutt ned enkeltstående aktiviteter, med tilhørende tiltak og ansvarlige for oppfølging.

Taktavtalen er utarbeidet i felleskap og denne inneholder spillereglene for alle aktørene involvert i takten. Avtalen sier blant annet hvordan forsinkelser behandles og hvordan overleveringene mellom vognene skal foregå. Den beskriver også hvilke møter og samlinger som basene forplikter seg å møte på. Avtalen er gjensidig, og danner et viktig grunnlag for at samarbeidet på tvers av fagene skal fungere best mulig. Samtidig er avtalen viktig dersom samarbeidet ikke skulle fungere, da den beskriver hva som forventes av hvert enkelt fag ved problemer i takten.

**Workshop 4** ble gjennomført 12.02.2019 og kun basene var til stede i dette møtet. Denne taktsamlingen ble observert, og resultatene baserer seg på det. Møtet startet med en gjennomgang av uklarheter, slik at nødvendige avklaringer ble tatt før oppstart taktproduksjon. Toppilelighetene i blokk C og D er har blitt plukket ut av hovedtakten. Det er bestemt at disse 2 etasjene skal behandles spesielt, hovedsakelig fordi de skal ha plassbygge bad. I tillegg er det generelle arbeidsomfanget betydelig redusert, sammenlignet med resten av etasjene. I løpet av møtet skal det foreligge en omforent avtale for hvordan toppilelighetene i 2 av høyblokkene skal håndteres.

Det bestemmes at man skal kjøre en ny runde med lappeteknikken, kun med tanke på disse leilighetene. Prosessen går fort, og det er tydelig at basene har blitt gode på dette i løpet av planleggingsprosessen. I det lappene begynner å komme på veggen oppstår det en rekke gode

diskusjoner. Totalt ender man opp med 18 vogner, og rekkefølgen er gjenstand for flere endringer underveis i prosessen. Lappene flyttes frem og tilbake, mens basene vurderer fordeler og ulemper ved de ulike plasseringene. Til slutt blir man i felleskap enig om en rekkefølge som alle kan stå inne for, noen mer fornøyd enn andre. Prosessen med å bli enig tar ikke lang tid, og basene virker å være innstilt på å ta hensyn som ganger fellesskapet. Arbeidene i toppleilighetene plasseres slik at de, helt eller delvis, vil foregå parallelt med produksjon i andre etasjer i henhold til hovedtaktplanen. De fleste basene mener dette vil gå greit, mens for noen vil dette medføre for mange arbeidsoppgaver. De fagene det gjelder tildeles en ekstra uke i taktplanen for toppleilighetene, slik at de ikke må hente inn bemanning for én uke.

Avslutningsvis oppstår det en diskusjon av taktplanen med tanke variasjonen av antall leiligheter i de ulike etasjene. Det foreslås å slå sammen 2 etasjer for å unngå at man får utnyttet kapasitet og eventuelt må sjonglere med bemanningen. Enkelte av fagene vil få store problemer dersom 2 etasjer slås sammen, da deres arbeidesomfang ikke i like stor grad påvirkes av antall leiligheter per etasje. Saken diskuteres og man blir enig om at det enkleste er å beholde planen slik den er. Taktplanen er stram, og dermed uten rom for større forstyrrelser eller fremdriftssvikter. Samtidig har man en tendens til å overvurdere arbeidskapasiteten, eventuelt undervurdere arbeidsmengden. Det eksisterer noe slakk i planen, som man ikke kan bruke opp i forkant eller la bli noen form for hvilepute. Om man ikke holder et jevnt trykk oppe vil disse bufferne fort være spist opp og da er det lite eller ingen fleksibilitet igjen.

### 6.1.3 Taktplanen

Her presenteres den konkrete taktplanen, som resultat av prosessen beskrevet i forrige delkapittel. I etterkant av taktsamlingene utarbeidet anleggslederen den endelige taktplanen. Nødvendig grunnlag for å generere taktplanen var nå fastlagt av basene, med soneinndeling, fagrekkefølge, antall vogner, hva de inneholder og takttiden. Figur 26 viser et utklipp fra den endelige taktplanen. Kolonnene i skjemaet representerer uker(takttiden) og radene de ulike sonene (etasjene). Fargene i skjemaet viser hvilket fag som er ansvarlig for vognen. For eksempel er rød Veidekkes tømrere, og av planen kan man se at de har vogn 1, 5, 7, 13, 14 og 15 i toget. Se vedlegg 6 for den fullstendige taktplanen.



Figur 26 - Utdrag fra taktplanen i Excel. Utklippet viser de 15 vognene i takttoget og de forberedende aktivitetene.



I den endelige planen ble også forberedende aktiviteter og en slutfaseplan implementert. Totalt er 15 vogner i toget, hver etasje i de ulike blokkene representerer en sone, der takttiden er satt til én uke, 5 arbeidsdager. Taktplanen gjelder for alle innredningsarbeidene, etter tett bygg er etablert. De forberedende arbeidene følger taktplanen og klargjør etasjene fortløpende, slik at etasjen er klar til oppstart takt uken etter. Forberedende aktiviteter før taktproduksjonen iverksettes er tett tak, vindusinnsetting, blåseisolasjon, plast og lekting og gulvavretting, i den rekkefølgen. Tabell 6 viser produksjonsrekkefølgen og hvilke aktiviteter som ligger i de ulike vognene i toget.

Tabell 6 - Fremstilling av produksjonsrekkefølgen for én runde med takttoget

Vogn	Fag	Aktivitet(er)
1	Tømmer	Innvendig bindingsverk og kubbing
2	Ventilasjon	Hovedmontasje ventilasjon
3	Elektro	Skjultanlegg, trekking og skap
4	Rørlegger, branntetter og ventilasjon	Sprinklerstamme, rør og veggboкс kjøkken. Branntetting hovedsjakt og isolering sjakt.
5	Tømmer	Gips innvendige vegger
6	Rørlegger	Sprinkler ned i himling
7	Tømmer	Himlingsskjelett og gips, EL i himling, kjøkkenskjørt/kasser
8	Maler	Sparkling og betong
9	Maler	Maling
10	Kjøkken og ventilasjon	Montering av kjøkken og aggregat
11	Elektro	EL åpent, komplettering og testing
12	Rør og kjøkken	Komplettering kjøkken og sprinkler. Radiatorer
13	Tømmer	Parkett
14	Tømmer	Dører og etterarbeider kjøkken
15	Tømmer	Listverk, lås og beslag, komplettering transportåpning

Slutfaseplanen inneholder følgende aktiviteter, som følger taktplanen etter hvert som etasjene ferdigstilles, se Tabell 7. Det er lagt inn en buffer på 12 uker fra siste vogn i første etasje, til oppstart slutfaseplan. Bufferen reduseres ned til 0 uker for den siste etasjen, der slutfaseplanen iverksettes i påfølgende uke etter ferdigstillelsen etter planen.

Tabell 7 – Slutfaseplan

Vogn	Aktivitet	Vogn	Aktivitet
16	Internbefaring	20	Malerflickr
17	Byggvask	21	Horisontalvask
18	Kundebefaringer	21	Horisontalvask
19	Utbedring av punkter		

## 6.2 Tidligere erfaringer, innstilling og opplæring

Tidligere erfaringer med taktplanlegging varierer noe blant basene som ble intervjuet. Veidekkes egne baser har erfaring med IP og lappeteknikken, som er sentral i planprosessen med takt. I tillegg har noen erfaringer direkte knyttet til taktplanlegging, enten som bas eller som fagarbeider, blant annet fra taktprosjektet Moholt 50|50. Andre har arbeidet som fagarbeider i prosjekter der takt har vært benyttet til en viss grad, men ikke deltatt i taktplanleggingen. Felles for flertallet av basene er at de er relativt ferske i rollen som bas, og flere av dem fungerer som bas i sitt første prosjekt. De som tidligere har deltatt i taktprosjekter, er generelt positive i sine beskrivelser av opplevelsene knyttet til prosjektene. Noen av taktprosjektene har fungert veldig bra, mens andre har større vanskeligheter med å få takten til å fungere optimalt.

Innstillingen man går inn i prosjektet med er veldig viktig, om takt skal brukes eller ikke. Basert på tidligere erfaringer med takt var det ingen av informantene som hadde en negativ innstilling ved inngangen til prosjektet. Generelt svarte basene at de var positivt innstilt til takt og hadde god tro på at dette var noe de skulle få til å fungere. Én av basene sier han foretrekker takt fremfor andre tilnærminger, og ønsker at metoden skal bli mer utbredt. De basene som har mindre eller ingen erfaring med takt, svarer at de startet med en usikker, men positiv innstilling til takten. Samtlige informanter trekker frem den tidlige involveringen og mulighetene til å påvirke taktplanen, har slått positivt inn på innstilling og holdning til prosjektet og planen.

Taktplanleggingen, har ifølge alle basene vært grei å sette seg inn i. Basene fra underentreprenørene trekker frem at de hele tiden har hatt støttespillere fra Veidekke tilgjengelig, dersom uklarheter eller usikkerheter skulle dukke opp. Informasjonen og opplæringen, som ble gitt gjennom taktsamlingene, beskrives som tilstrekkelig for å gjennomføre planprosessen. Dette var også den eneste formen for opplæring i takt, som ble gjennomført i felleskap for basene på prosjektet. Ingen trekker frem spesielle mangler knyttet til opplæringen i takt, men at det derimot kunne vært tilbudt mer opplæring knyttet til bruken av digitale verktøy. Prosjektet er papirløst, og dermed krever tilgang til produksjonsunderlag, sjekklister, oppfølging og rapportering, bruk av digitale verktøy og hjelpemidler. To av basene nevner utfordringer knyttet til bruken av en planleggingsapp, som blant annet skal benyttes til rapportering av fremdrift og statusoppdateringer. Tanken er at vognene som er i takten skal melde inn om de tror de blir ferdig den uka, senest onsdag til lunsj. Rapporteringene gjør det mulig å få oversikt om det må iverksettes eventuelle tiltak for å rekke ferdigstilling innen fredag. Bruken av programmet er i startfasen, men basene har ikke tilstrekkelig kunnskap for å ta i bruk programmet. Verktøyet krever at man enten har nettbrett eller smarttelefon for å rapportere, da kan det bli vanskelig å få med seg alle. Innføring av nye verktøy kan være krevende, det burde vært gjennomført opplæring slik at man sikrer at alle er klar for å ta dem i bruk.

### 6.3 Forankring av taktplanen

Basene beskriver deres rolle som en tilrettelegger, som skal sørge for at forutsetningene for sunn produksjon er på plass. Basene understreker at de selv er nødt til å ha oversikt og forståelse, før de fører informasjon og planer videre til fagarbeiderne. En av basene sier det slik:

*«Man skal være bevisst sin rolle som leder og ta hensyn til at fagarbeiderne ikke har deltatt i planleggingen.»*

Basene er ledere, og poengterer at det er det veldig viktig at de går foran som et godt eksempel, ved å være et godt forbilde, som er både synlig og tilgjengelig. Da får man med seg arbeidslagene på takten. Gode holdninger og god innstilling er viktig for å skape tro på prosjektet og den planen som er lagt.

Flere av basene har planlagt å holde oppstartsmøter internt i laget, i tillegg til oppstartsmøtet i regi av Veidekke. Møtet skal holdes med de fagarbeiderne som skal være i takta, og sørge for at alle har en felles forståelse for takten og hva taktplanen vil innebære for dem i arbeidshverdagen. En konsekvens av papirfri byggeplass er at basene også må sørge for at alle har tilgang til og kunnskap om bruk av de digitale hjelpemidlene.

En god start med taktproduksjonen, fører til at arbeiderne ser nytten av å jobbe med takt, både for dem selv, men også prosjektet i sin helhet. Det er viktig å skape mestringsfølelse i starten av takta, slik at arbeiderne tidlig får en positiv opplevelse med takt. Dersom planen skliker mye ut i starten, kan det føre til en negativ innstilling og at man mister motivasjonen. Dersom takten kommer godt i gang, vil fagarbeiderne se fordelene med å jobbe i fred i et område, uten forstyrrelser, og at området er ryddig og rent til man skal starte å produsere. I tillegg nevnes oversiktighet, forutsigbarhet og de tydelige rammene med ukentlige målsetninger, som motiverende for arbeidet:

*«Fagarbeiderne vet hva de går til hver uke, og dette tror jeg bidrar til at de planlegger arbeidet mer. Man vet hvor man skal jobbe, hva man skal gjøre, hvilket utstyr man trenger og når man skal være ferdig. Istedenfor at man produserer uten en tydelig ende på jobben, vil man med takt ha tydelige og nært forestående mål som bidrar til å motivere.»*

Insentiver, trekkes også frem som et tiltak for å motivere fagarbeiderne, og spesielt bruken av akkordlønn. Gjentakende arbeider gjør at fagarbeiderne blir drillet i bestemte arbeidsoppgaver, og kan dermed produsere mer effektivt. Med kombinasjonen av takt og akkord, kan fagarbeiderne følgelig tjene gode penger. Det poengteres at det er en fin balansegang mellom akkord som motivasjon på den ene siden, og et usunt høyt arbeidspress på den andre siden. En av basene sier han har planlagt rullering i arbeidsoppgaver slik at folk ikke skal gå lei, eller pådrar seg belastningsskader. Alternativt nevnes bufferområder, spesielt i næringsarealene, som mulighet for å skape variasjon i arbeidet.

En av basene nevner utfordringen med å få med de eldre fagarbeiderne på takt. De yngre beskrives som mer åpne for endringer og nye metoder. Utfordringen med de eldre, er at de er «innkjørt» på en helt annen måte å produsere på. Noen av arbeidslagene består kun av bas og én til to fagarbeidere. Dersom én av fagarbeiderne ikke er motivert til å følge takten, får man

store problemer med å holde fremdriften. Basene må sørge for de som er i laget klarer å produsere som de skal, og er avhengig av motiverte arbeidere. De som ikke ønsker å arbeide i takten bør plasseres andre steder i produksjonen.

## 6.4 Basenes rolle i planprosessen

Planprosessen med takt er tidligere beskrevet, med fokus på det konkrete innholdet i de ulike taktworkshopene. Her presenteres prosessen slik basene opplevde den.

Flere av basene trekker frem at det er en stor fordel at man planlegger de ukentlige kontrollområdene med omtrent tilsvarende arbeidsmengde. Dette var kjent da planleggingen startet og dermed hadde basene allerede da mulighet til å ta hensyn til variasjonene. Basene måtte dermed vurdere bemanningen nøye fra etasje til etasje, og vurdere eventuelle justeringer for å ta hensyn til varierende arbeidsmengde. Fra intervjuene kommer det frem at alle fag var fornøyd med soneinndelingen, og beskriver den som logisk og enkel å forholde seg til.

Fagrekkefølgen ble på generelt grunnlag tatt direkte fra lappeteknikken, der basene i felleskap ble enig. Det ble gjennomført flere runder med lappeteknikk for å bestemme rekkefølgen. Den kom ikke av seg selv med en gang, og dette var en prosess der basene flyttet frem og tilbake på lappene, for å finne en rekkefølge som var mest mulig hensiktsmessig for alle fagene. Basene beskriver metoden som enkel å sette seg inn i, og at gjennomføringen ble bedre og raskere etter flere omganger. De som hadde erfaringer med lappeteknikken fra før, beskrev prosessen som mer forseggjort enn i tidligere prosjekter.

Erfaringene fra andre prosjekter er at fokuset hovedsakelig har vært rekkefølgen av arbeidsoperasjonene, men at det i casen også var tydelig knyttet opp mot tid og sted. Flere av basene sier det er fort gjort at de ulike fagene blir veldig fokusert på eget arbeid, med lappeteknikken tvinges man til å sette seg inn de andre fagenes arbeid, og til å se helheten. Basene forsøkte å legge opp til vogner med enfaglighet, men for å komprimere og redusere antall vogner, var det nødvendig å sette noen fag sammen.

Bemanningen er bestemt basert på erfaringstall og basenes vurdering av arbeidsomfanget i de ulike sonene. Basene har valgt å starte takten med en relativ overbemanning i forhold til hva estimatene tilsa. Tanken er at man i oppstartsfasen skal ha litt å gå på, da de vurderer at vognenes første uker vil være de mest krevende. Uforutsette ting vil i større grad dukke opp i innkjøringsfasen, og da er det gunstig å ha litt å gå på. Det kan også være at man avdekker feil eller mangler i planleggingen, altså at man har glemt bort noe vesentlig. En av basene peker på betydningen av å fokusere på å kontinuerlig forbedringer som følge av de erfaringene man gjør seg underveis. Slik vil man sikre at taktplanen blir mer og mer robust og pålitelig utover i prosjektet. Etter hvert som taktproduksjonen kommer i gang er tanken at man eventuelt kan nedjustere bemanningen, basert på erfaringene man gjør seg underveis. Flere av basene sier at de vil foreta ukentlige vurderinger av bemanningen, og foreta fortløpende justeringer.

Logistikken på prosjektet er relativt krevende. Bruken av takt og trangt riggområde gjør at mellomlagring av varer hverken er mulig eller ønskelig. Dermed må varer leveres fortløpende etter hvert som behovet melder seg. Flere mener vareflyten kommer til å bli en utfordring når

alle vognene i toget er i gang med takta. Dette krever meget detaljert planlegging med tanke på tidspunkt for og innhold i bestillingene. Leveransene må være presise på tid og varene må transporteres rett inn i bygget, i det området det skal benyttes. Sammen med formenn og saksbehandlere er basene ansvarlig for å sørge for at varer og utstyr til enhver tid er tilgjengelig for arbeidslagene. Fra tidligere taktprosjekt har en av basene erfart problemer med leveranser som uteblir eller kommer for sent. For å unngå stopp i takten må bestillingene være nøye gjennomtenkt og strenge krav stilles til leverandørene.

En viktig brikke i utformingen av taktplanen har vært å diskutere og vurdere hva som skal i takta, og hva som kan være hensiktsmessig å utelate. En del aktiviteter er utelatt fra takten, og lagt inn som forberedende aktiviteter. En av basene trekker frem tynnavretting og isolasjon, som gunstige aktiviteter å plukke ut av takten. Isoleringen er en stor arbeidsoperasjon, og ved å benytte blåseisolasjon kan man flytte aktiviteten ut av takten og spare tid. Baderomskabiner trekkes også frem som gunstig med tanke på å forenkle takten. Dette sparer vogner i takttoget og forenkler logistikken for taktproduksjonen. Trapperom, toppleiligheter og næringsareal er også plukket ut av takten. Flere av basene peker på fordelene av å plukke ut slike området fra taktproduksjonen. Sonene skal følge et fast mønster og arealer som fraviker kan skape problemer for takta.

*«Lik takt og jevn produksjonslinje er noe vi oppnår med den soneinndelingen og vognrekkefølgen vi har lagt opp til.»*

Da basene ble bedt om å oppsummere prosessen og hvordan de opplevde den, er svarene uten unntak positive. Prosessen har vært meget godt lagt opp fra Veidekke, og sammensetningen av personell trekkes frem som en avgjørende faktor. Anleggslederen, med det overordnede ansvaret for takten, har sørget for en god prosess hele veien. Hans engasjement for takt og faglige tyngde, har vært en viktig faktor for å få med resten av gjengen, gjennom tilrettelegging og oppfølging. Planprosessen beskrives som mer detaljert og mer tidkrevende, og det var lagt opp til mer møtetid og tid til planlegging enn hva basene har opplevd tidligere. Taktplanlegging beskrives som grundigere enn mer tradisjonelle tilnærminger, med detaljert planlegging i god tid før produksjonsstart. Basene svarer at man med taktplanlegging i større grad vil få en komplett og gjennomførbar plan. Omfattende og detaljert planlegging krever at det settes av tilstrekkelig med tid og ressurser, noe basene understreker at det er gjort i casen. Før utførelsen er det mye som skal avklares og usikkerheter som skal ryddes opp i. Det er gunstig at man samlokaliserte basene, som har utfyllende erfaring og kompetanse knyttet til utførelsen. Et kort møte der basene diskuterer og vurderer, vil kunne spare mange timer senere. Ved å bruke ekstra tid på dette, vil man legge et bedre grunnlag for at produksjonen flyter uten stopp og forstyrrelser, og totalen blir at man sparer både tid og ressurser.

Innstillingen har fra første stund vært at man skulle få takt til å fungere, som også trekkes frem som en viktig faktor for en god planprosess. Det har ikke vært problemer for basene å bli enig, mye fordi alle involverte har hatt en positiv innstilling og en helhets- og løsningsorientert tilnærming. Fra intervjuene svarer basene at fordelene med at man sitter sammen og planlegger, er at man kan fremme forslag og avgjøre i felleskap hvorvidt det er gjennomførbart eller ikke. En rekke ting henger tett sammen og det er viktig at det er nøye gjennomtenkt og planlagt på forhånd.

Samtlige av basene mener investeringen i en detaljert planprosess, vil gi avkastning når produksjonen starter. Planprosessen beskrives som tid- og ressurskrevende, men at dette er nødvendig for å legge grunnlaget for at takten skal gå uten problemer. Det kommer frem at de som sitter med «pengesekken» ofte er skeptiske til omfattende møtevirksomhet og lite produksjon. Konsekvensen blir at planleggingen ikke er godt nok gjennomtenkt og detaljert. Da er det ting som mangler eller er avglemt, og man får unødvendig stans i produksjonen. En av basene oppsummerer viktigheten av å legge gode planer slik:

*«Vi skal produsere 10000-12000 arbeidstimer i løpet av prosjektet, da blir noen dager ekstra planlegging bare en promille av totalen.»*

Den generelle oppfatningen er at man står meget godt rustet, og at planen er mer pålitelig og gjennomførbar enn prosjekter uten tidlig involvering av basene i planleggingen.

## **6.5 Kommunikasjon, samhandling og problemløsning**

Kommunikasjon og samhandling er spesielt viktig i et byggprosjekt i denne størrelsesordenen, der en rekke aktører skal samarbeide og koordinere produksjon på tvers av fagene. Basene beskriver samarbeidet mellom fagene som meget godt og at det har vært god flyt i kommunikasjonen. Tidlig samling av basene har bidratt til relasjonsbygging og at man har blitt godt kjent med hverandre. Første taktsamling ble avsluttet med sosialt samvær i en ikke-jobbkontekst. Slik har basene blitt kjent med hverandre også utenom jobbsituasjonen, og dette har blant annet bidratt til god stemning i basgruppen. Det gode samarbeidet og den gode stemningen i gruppa har igjen bidratt til et godt arbeidsmiljø, der folk trives. I tillegg mener flere at den gode stemningen også er et resultat av en godt sammensatt gruppe, der samtlige er norskspråklige og møtte takten med en positiv innstilling. Det poengteres også viktigheten av å skape et godt samarbeid mellom fagarbeidere, baser og funksjonærer, der alle føler at de er del av et større team. Funksjonærene må ikke ha en ovenfra-ned holdning, noe basene ikke har opplevd i casen. På prosjekter har man fått til teamfølelse, der man hjelper hverandre og skjønner at alt henger sammen i prosjektet.

Planprosessen har bidratt til økt forståelse og respekt på tvers av fagfeltene. I intervjuene trekker flere av basene frem helhetsforståelsen de har oppnådd gjennom planprosessen. Det handler om å ta hensyn og sette seg inn i andres problem og utfordringer, og sammen bli enig om en plan som er gunstig for alle og ikke bare noen få. Gjennom planprosessen har basene innsett at man er avhengig av å legge til rette for alle for at takten skal flyte, og at kompromisser må inngås. Tette koblinger mellom vognene, gjør at problemer og forsinkelser fort forplanter seg. Basene er derfor helt avhengig av hverandre for å sikre gode overleveringer mellom vognene. Den gode stemningen og samholdet gjør at alle som jobber ute snakker med hverandre og det blir mye enklere å ta avgjørelser og fatte avklaringer om produksjonen.

*«Det å ha en positiv dialog med de andre fagene gjør at vi får til å skape gode løsninger for alle. Hvis ett fag må inn i en etterfølgende vogn fordi man ikke ble ferdig, så avtaler vi det og det er ikke noe problem. God kjemi er viktig ved overlevering av en etasje til neste vogn.»*

Mange utfordringer og problemer kan derfor løses fortløpende av basene, uten at flere ledd i en kommunikasjonskjede må involveres. Avklaringer gjøres tidlig og på lavest mulig nivå, blant basene som ofte sitter med den nødvendige informasjonen og forståelsen. Produksjonen kan raskt settes i gang igjen, uten unødvendig venting på avklaringer i andre deler av prosjektorganisasjonen.

En av basene understreker at det handler om å luke ut usikkerheter og uklarheter, uten at dette må gjennom en avklaringsprosess mens produksjonen løper, da blir det fort mye ventetid.

*«Vi har sittet sammen gjennom hele planprosessen med takt, så har vi fått mange gode diskusjoner omkring utførelsen og forhåpentligvis avklart ting tidlig som ellers kunne skapt problemer for produksjonen.»*

Et sentralt aspekt ved planleggingsprosessen, som flere av basene trekker fram i intervjuene, er å få alle fagene til å se helheten i takten. I planprosessen er basene «tvunget» til å sitte sammen og samkjøre utførelsen for alle fagene. En av basene oppsummerte det slik:

*«Ofte er det slik at man står ute og spekulerer; er det lurt å montere denne her nå eller burde jeg vente? Istedenfor at man da enten må ringe rundt eller lete etter noen som kan ha svar, så er dette noe som er avklart gjennom planprosessen. Det blir enklere å planlegge hva som skal kjøpes inn av materiale og utstyr, slik at det blir riktig og ikke hemmer de andres arbeid. Det er ofte det vi brenner oss på, at vi ikke har det vi trenger, og bruker uegnet utstyr og dermed blir det feil. Ofte må vi demontere noe som er montert, enten fordi det er gjort for tidlig eller fordi det kolliderer med andres arbeid. Det handler om å gjøre det riktig første gang, til riktig tidspunkt, da sparer vi mye tid og ressurser.»*

## **6.6 Møter og samlinger**

Her presenteres resultatene fra observasjonsstudiene gjennomført i forbindelse med casen. Observasjonene er knyttet til gjennomføring av oppstartsmøter og vandrende basemøter.

### **6.6.1 Oppstartsmøte**

Nytt på prosjektet er ukentlige oppstartsmøter som avholdes med den vognen som skal starte sin produksjon i den påfølgende uken. Det vil si at den første uken er det oppstartsmøte for vogn 1, uken etter vogn 2 og dette fortsetter i 15 uker, til det er avholdt oppstartsmøter med alle vognene. Tanken bak dette er å sikre bedre forankring av planen hos de utførende, og gi dem best mulig forutsetninger for å lykkes med taktproduksjonen. På møtene skal basen og alle arbeiderne i vognen delta, eventuelt kan saksbehandlere også delta. Noen av oppstartsmøtene har hatt to fag, som følge av vognens sammensetning. Der er Veidekke som holder møtene, med anleggsleder som møteleder. Møtene fokuserer hovedsakelig på HMS og kvalitet i prosess og utførelse, mens taktplanen vies også en del oppmerksomhet.

Innledningsvis er det en gjennomgang av prosjektet og takten, slik at deltakerne har både oversikt og situasjonsforståelse. Deretter gjennomgås soneinndelingen, og den aktuelle vognen settes i sammenheng med resten av takttoget. Møteleder holder også en kjapp introduksjon for fagarbeiderne slik at de skal på en forståelse for takten i prosjektet og hvordan den er lagt opp. Taktavtalen gjennomgås og sikrer at alle som skal arbeide i takten kjenner spillereglene.

Gjennomgangen av HMS startet med å bryte aktivitetene i vognen til deloppgaver, for å skaffe seg fullstendig oversikt over arbeidsoppgavene. Deretter vurderes det hvilke farer med tilhørende risikoer, som kan knyttes til de ulike deloppgavene. Tiltak for å redusere risiko vurderes, og ansvar fordeles. Basene og fagarbeiderne, som kjenner arbeidsoperasjonene godt, er flinke til å identifisere farer, risiko og tiltak. Anleggsleder følger opp og stiller oppfølgingsspørsmål. Det oppstår flere diskusjoner omkring HMS og hvordan man best mulig kan legge opp til en sikker produksjon.

Del to av møtet handlet om produksjonsprosessen med fokus på kvalitet. Møteleder forklarer hva som forventes av de som arbeider i takten, og hvordan kvaliteten skal være ved overleveringer. Fokuset var å finne løsninger og avklare utførelsen, slik at vognene står best mulig rustet til å levere riktig kvalitet fra oppstart. Deltakerne diskuterer, med utgangspunkt i tegninger og 3D-modell, hvordan løsningsvalg vil påvirke kvalitet og samkjøringen med de andre fagene. Flere ganger dukker det opp uklarheter og usikkerheter knyttet til prosjekterte løsninger, som krever ytterligere gjennomgang og vurdering av alternative løsninger.

Det ble også brukt en del tid i møtene på tilrettelegging og samkjøring internt i vognene, og på tvers av vognene. I møtet tas det opp eventuelle ønsker og korrigeringer, som vognen vil kommunisere til andre vogner. I tillegg har det kommet forslag til vognen fra andre om hvordan de kan bidra til å tilrettelegge for deres produksjon. Tanken er at man skal velge løsninger som er gunstig for helheten i produksjonen, såfremt dette ikke går på bekostning av gjeldende vogns produktivitet og kvalitet. Kritiske momenter diskuteres og vurderes, spesielt knyttet til områder der flere av fagene skal bygge og montere på et begrenset areal. Dette gjelder spesielt utsparinger, føringer og tekniske installasjoner, der man er avhengig av at ting ikke monteres i veien for hverandre.

### **6.6.2 Vandrende basemøte**

I forbindelse med et forskningsprosjekt i regi av NTNU, er det lagt opp at basene skal holde vandrende statusmøter ute på bygget. De vandrende basemøtene gjennomføres hver torsdag klokken 07.15, og sonene i taktproduksjonen befares. Basene samles og går gjennom arbeidet som er gjort inneværende uke, og tre uker frem. Basene befarer etasjene, mens de diskuterer og vurderer status. Det oppstår fortløpende diskusjoner etter hvert som de går rundt i leilighetene. Avvik, usikkerheter og uklarheter tas tak i og diskuteres etterhvert som de dukker opp, og i felleskap blir basene enig om hvordan man skal løse det. Flere av basene tar opp potensielle løsningsvalg og visualiserer hvordan dette konkret vil se ut. Det oppstår også diskusjoner om avhengigheter mellom fagene, og om enkelte aktiviteter bør flyttes frem eller bakover i takten. I det ene møtet avdekker man at rørleggeren bør flytte en aktivitet fra sin vogn 6, frem til vogn 4. Dette fordi aktiviteten har en viktig avhengighet knyttet vogn 5, som skal gipse veggene. Ting som ikke kan løses eller avklares der og da, noteres ned og tas opp på basemøtet påfølgende mandag. I tillegg til å kontrollere kvalitet og løsningsvalg, danner møtet også grunnlag for å etablere takt-status, der man avdekker om eventuelle tiltak må iverksettes for å komme i mål med takten den uken.



## 6.7 Erfaringer fra taktproduksjonen

Resultatene som presenteres i dette avsnittet baserer seg på intervju som ble gjennomført 12 uker etter oppstart med taktproduksjonen. På spørsmål om planen har blitt fulgt, er svaret ja, men med noen forbehold. Takten slik den ble planlagt har blitt fulgt, men det har vært noen mindre oppstartsproblemer. Blant annet har vannlekkasjer ført til at man måttet plukke ut 3 leiligheter fra takten. Disse leilighetene har blitt benyttet tilnærmet som bufferområder, der ledig kapasitet har arbeidet. Det har også vært noen problemer knyttet til sjaktene, der brannetterten og rørleggeren har havnet noe bakpå fra starten. Dette har ført til at rørleggeren har måttet lagre noe varer i påfølgende vogner. I tillegg har rørlegger måttet gå tilbake og gjennomføre mindre arbeider i andres vogner. Firmaet som hadde ansvaret for brannettingen gikk konkurs i løpet av oppstarten, og dermed havnet man noe bakpå. Vogner som var avhengig av brannettingen, har dermed måttet gå tilbake for å gjøre seg ferdig i tidligere soner.

Taktplanen har blitt fulgt, og man har ingen forsinkelser på takten i sin helhet. Det har derimot vært mindre forsinkelser internt mellom noen av vognene, som man har løst fortløpende gjennom god kommunikasjon mellom fagene. I intervjuet trekkes det frem at det er en utfordring at taktproduksjonen ligger så tett opp mot oppføringen av råbygget. Dette har skapt utfordringer med tanke på tett bygg, og som nevnt har vannlekkasjer skapt noen problemer. Det kommer frem at man i planleggingen kanskje burde hatt et større fokus på forutsetningene for å etablere tett bygg. Utfordringen ligger i at lavblokkene ligger mellom høyblokkene, der betongarbeidene har pågått parallelt med takten.

Overleveringene mellom vognene beskrives som gode, der god kjemi og kommunikasjon har ført til at de ulike vognene er fleksible, spesielt der man ikke har klart å gjøre seg 100 % ferdig til overlevering. Eierskapet til de ukentlige milepælene beskrives som en viktig faktor for at man klarer å holde takten og sikre gode overleveringer.

Bemanningen har blitt nedjustert i alle Veidekkes tømmervogner, dette var som forventet, da man planla inn en ekstra sikkerhet for oppstarten. Jevnt over er den totale bemanningen i takten nedjustert, og flere vogner i tillegg til tømmer, har også gått ned på bemanningen. Veidekke var i gang med å innføre milepælsakkord for sine ansatte i takten. Med takt er tidsfristene viktig, og man belønnes dersom man overholder frister. Omleggingen vil spare mye tid og arbeid for baser og funksjonærer, som bruker mye tid på tilrettelegging og oppfølging av akkorden.

Logistikk og leveranser, har gått uten større problemer. Det har vært noen mangler i bestillinger, der man har feilberegnet mengder. Konsekvensen har blitt at noen av fagene har måttet benytte seg av mindre bufferlager, for å sikre at varene har vært tilgjengelig for takten.

Stemningen mellom basene og fagene generelt beskrives som meget god. Resultater fra trivselsundersøkelser viser at prosjektet skårer meget høy her, på tross av en høy andel innleide arbeidere. På spørsmål om hvorfor stemningen har vært så god, nevnes tidlig involvering, samspill, riktig innstilling og at basene har klaffet godt med hverandre.

Vandrende basemøter beskrives som viktigst i oppstartsfasen, da behovet for avklaringer var størst i denne fasen. Etter hvert har møtene blitt kortere, da det ikke har vært like mye å ta tak i. Spesielt viktig har møtene vært for å inkludere kjøkken, der basen ikke er på prosjektet til daglig. Etter hvert som takten har kommet i gang beskrives forutsigbarheten og roen i taktplanen gir, som den største fordel. Arbeiderne vet hva de går til, og etter hvert som takten har satt

seg, har den mer eller mindre gått av seg selv. Den detaljerte planprosessen med takt, mener informantene at har bidratt til at det man har hatt riktig rekkefølge på arbeidsoperasjoner. Dermed har man opplevd lite feilmontering og ombygning.

## 6.8 Fordeler og utfordringer

Basene trekker frem en rekke fordeler, men også noen utfordringer knyttet til takt. Først og fremst påpekes det at involvering basene i tidlig fase av taktplanleggingen, er en viktig faktor for å etablere en god taktplan. For det andre legger den tidlige involveringen til rette for at man skaper relasjoner, som letter samhandling og kommunikasjon utover i prosjektet.

Gjennom taktplanleggingsprosessen sier basene at de i større grad har blitt bevisst på avhengigheter og grensesnitt, mellom fagene og arbeidsoperasjonene. Prosessen har bidratt til respekt og forståelse for alle fagenes arbeider og et felles eierskap til planen. Basene skjønner hvor viktig det er å holde fristene ovenfor de andre vognene, selv om en dag her der normalt ikke oppleves som spesielt problematisk. Tidligere har flere opplevd at dette baller på seg utover i produksjonen, og det blir en generell oppfatning av at tidsfristene er veiledende og noe som ikke trengs å følges 100 %. Fra tidligere prosjekter har flere opplevd at frister og milepæler hele tiden skyves på, og dermed oppstår fordyrende forsinkelser og venting. Taktplanen beskrives som en god løsning på dette, der alle fag har faste ukentlige overleveringer av ferdigstilte områder.

Taktplanen beskrives som ryddig og oversiktlig, der alle involverte til enhver tid har oversikt over hvor arbeid skal foregå og hvem som er ansvarlig. Forutsigbarheten og de ukentlige milepælene, gjør det enklere å følge opp produksjonen og holde oversikt over ferdiggraden og hvordan man ligger an i forhold til planen. Planen forutsetter tydelige mål med den ukentlige produksjonen, og fagene forplikter seg gjennom taktavtalen til å overholde fristene. Basene understreker at smidige overleveringer mellom vognene, vil gjøre det mulig å klargjøre varer og utstyr på fredag. Da kan man komme raskt i gang med produksjonen, istedenfor at man bruker halve mandagen på å skaffe seg oversikt og klargjøre for arbeidet.

Enfaglighet og at de ulike vognene får et ukentlig område til å arbeide uforstyrret i, trekkes også frem som fordeler med å arbeide i takt. Takten gjør det mye enklere å holde sonene ryddig og rene, da det er den vognen som har jobbet der den uka, som er ansvarlig for at det er i henhold til taktavtalen ved overlevering til påfølgende vogn i toget.

*«Med mer tradisjonell produksjon vil kanskje 4-5 fag være innom etasjen i løpet av uken og det blir fort mye rot og forstyrrelser. Takt forutsetter klare avgrensninger mellom de ulike arbeidene og sikrer mest mulig enfaglighet i sonene.»*

Likt og repeterende arbeider beskrives som en fordel dersom man skal planlegge produksjonen med takt. I casen er det bare delen av prosjektet som består av leiligheter inkludert i takten. Her har det vært relativt enkelt å dele inn i soner, som inneholder mye gjentakende arbeider. Næringsdelen trekkes frem som et område der takt ville vært mer komplisert å planlegge og gjennomføre. Der det mest sannsynlig er flere fag som må produsere samtidig som følge av omfanget av arbeidsoperasjonene. Basene sier det er gunstig at de har slike områder der de kan arbeide, dersom de skulle havne for mye frempå i forhold til takten.

Papirfri byggeplass er noe basene er positive til, der alle tegninger er tilgjengelig på mobil, nettbrett og pc. Hele bygget er til enhver tid er tilgjengelig i 3D eller som plantegning i programvaren, og man har det alltid med seg, slik at det ikke blir ikke glemt eller mistet. Oppfølging, kontroll og revidering blir enklere med digitale sjekklister knyttet opp til den digitale modellen. Dette letter basenes arbeidsmengde, slik at de kan fokusere på tilrettelegging.

Fra intervjuene nevnes det noen utfordringer knyttet til takten, der logistikk og varetransport er gjennomgående. Flere mener at man i større grad skulle diskutert alternative løsninger, og at leveranser, logistikk og inntransport kan bli den største utfordringen med å fa takten til å fungere. Bas tømmer foreslår en liten kran, som de kan bruke og styre selv. Takten starter parallelt med at mye betongarbeider pågår. Det er stor pågang på kрана siden råbygget fortsatt er under bygging og dermed kan det bli mye ventetid på ledig kran.

Hvis alle skal få varene til neste uke levert på fredagen før, kan det bli mye venting på byggevareheisen. Det samme gjelder forflytning fra område til område. Hvis dette også skal skje hver fredag så kan det bli kaotisk. Derfor er det lurt å legge opp sonene slik det er gjort, for å minimere forflytning gjennom andres område. Forslag til løsning er å kjøre inn varer på kveldstid, enten overtid, eller ved å kjøre to skift.

En annen ting som ble nevnt i forbindelse med logistikken, er hvordan og når varer skal inn i forberedende fase. Her trekkes gipsen frem som et eksempel. En av basene foreslår at gipsen kunne vært heiset inn parallelt med reisingen av råbygget. Det er ikke blitt gjort og løsningen blir dermed at gipsen transporteres inn via byggevareheis, for så å bære en og en plate inn. Innheising med kran forløpende i takt med råbygget, hadde spart mye tid og tung bæring i takten. Utfordringen er at for noen arbeider vil kanskje gipsen være i veien, for eksempel tynnnavrettingen. Lagrer man gipsen på feil sted kan den bli stående i veien for arbeid som skjer før den skal monteres. Om man skal heise inn gipsen, så må det være nøye gjennomtenkt og planlagt med tanke på plassering og hvordan dette påvirker forutgående aktiviteter.

En annen ting med takt er at de tette avhengighetene gjør planen sårbar for forsinkelser, for eksempel i grunnarbeid, oppføring av råbygg eller forberedende aktiviteter. Det er derfor viktig at man har planlagt dette korrekt, eventuelt så må man skyve på hele takta. Ofte henger byggeprosjekter litt etter fra grunnarbeidene, og dette blir vanskelig å ta igjen ved å komprimere taktplanen. Det foreslås at buffere planlegges inn mellom råbygg og oppstart med takten.

Planleggingen, mer spesifikt omfattende planlegging på tilfredsstillende detaljingsnivå, trekkes frem som en utfordring med takt. Basene understreker at det er krevende å planlegge detaljert i store tidshorisonter. Informantene mener det er satt av tilstrekkelig tid til planprosessen, men at det er utfordrende å planlegge i den tidshorisonten som kreves med takt. Samtidig som basene må løfte blikket for å få oversikt, må også detaljene ivaretas.

Balansen i arbeidsflyten har vært utfordrende, siden arbeidsomfanget i sonene varierer noe for de ulike vognene. En av informantene mener hans vogn kunne komprimert planen, ved å ferdigstille 2 soner på én taktid. Dette kunne vært aktuelt der antall leiligheter i én etasje, tilsvarer antall leiligheter i de to påfølgende etasjene. Flere av de andre basene sier dette ville ha vært for krevende. Den ekstra kapasiteten gjør at faget som havner frempå, fristiller folk som

kan bistå i andre deler av prosjektet. For eksempel hjelpe betong med råbygget, eller starte med forberedende aktiviteter i en annen etasje.

En informantene trekker fram at er det utfordrende å lede et lag bestående innleide fra andre firma. Basen kjenner ikke arbeiderne fra tidligere og har ikke oversikt over hva de er gode på. Etter hvert i prosjektet så vil det laget, med innleide fagarbeidere, måtte byttes ut med egne ansatte. Disse blir frigitt fra andre ferdigstilte prosjekter og krever en ny runde med introduksjon og innkjøring av laget. Dette vil kreve ekstra tid og skape noe usikkerhet. Det er aldri noen fordel å bytte ut folk, men spesielt i takt der lagene spesialiserer seg på én aktivitet og repeterer den mange ganger, så vil det være ugunstig å bytte ut folk, spesielt når det er snakk om hele laget.

Taktplanlegging kan skape utfordringer i forbindelse med lærlinger. Basene har ansvaret for opplæringen og må sørge for at lærlingene får en variert læretid. Taktproduksjon, med repeterende arbeidsoppgaver, vil ikke være gunstig for en lærling. De bør ikke ha samme arbeidsoppgave over lengre tid, da de skal få en forståelse for helheten i fagfeltet. Det kan løses med å flytte dem mellom de ulike vognene, og områdene som er plukket ut av taktproduksjonen. Ulempen er da at lærlingene vil måtte forholde seg til en rekke forskjellige mentorer.

## 6.9 Oppsummering av resultatene

Her presenteres en kortfattet oppsummering av de viktigste resultatene, i en punktliste organisert etter forskningsspørsmålene.

- **Hvordan fremstår Veidekkes tilnærming til taktplanlegging i forhold til teorien?**
  - Prosessen med å generere taktplanen har mange likheter med det som beskrives i litteraturen. Det er også en tydelig sammenheng med erfaringer fra taktprosjekter Veidekke tidligere har vært involvert i.
  - Involverende planlegging og taktplanlegging har begge bidratt til å legge et godt grunnlag for involvering av basene og gjennomføringen av planprosessen.
  - Basene har hatt stor innflytelse på prosessen, sammenlignet med det som er beskrevet i litteraturen.
- **Settes det av tilstrekkelig med tid og ressurser for en optimal gjennomføring av planprosessen?**
  - Taktplanleggingen ble gjennomført i 4 taktworkshoper, der hovedinnholdet i taktplanen ble etablert. Resultatene tyder på at det var satt av både tilstrekkelig med tid og ressurser. For senere taktprosjekter, vil man måtte vurdere dette nøye i sammenheng med kompleksiteten til bygget.
  - Resultatene viser også viktigheten av at bedriften, som er ansvarlig for å koordinere takten, besitter nødvendig kompetanse og ressurser. Flere av underentreprenørene hadde ingen erfaring med takt, og da må totalentreprenøren ha kompetente folk til å veilede og stille krav og forventninger til gjennomføringen.
- **Hvordan innvirker tidligere erfaringer med takt, innstilling og opplæring prosessen med takt?**

- Tidligere erfaringer påvirker hvordan basene møter prosjektet. Resultatene tyder derimot på at innstillingen er vel så viktig som erfaringer med taktplanlegging
- Basert på tidligere erfaringer med takt var det ingen av basene som hadde en negativ innstilling ved inngangen til prosjektet.
- Innstillingen og holdningene hos basene var god før planprosessen startet og ble enda bedre etter oppstart med planleggingen.
- Taktplanleggingen, har ifølge alle basene vært greit å sette seg inn i. Basene fra underentreprenørene trekker frem at de hele tiden har hatt støttespillere fra Veidekke tilgjengelig, dersom uklarheter eller usikkerheter skulle dukke opp.
- Informasjonen og opplæringen, som ble gitt gjennom taktsamlingene, beskrives som tilstrekkelig for å gjennomføre planprosessen.
- Delvis mangelfull opplæring i digitale verktøy og hjelpemidler, som skal benyttes i forbindelse med takten.
- **Hvordan skal man gå frem for å forankre taktplanen hos de utførende?**
  - Forankringen av taktplanen blant de utførende har vært god i prosjektet. Resultatene tyder på at innstilling, engasjement, forpliktelse og insentiver, alle er viktige faktorer for å forankre taktplanen. I tillegg vil oppstartsmøter med hver enkelt vogn, være viktig for å sikre at fagarbeiderne har forståelse for hva takten betyr for dem i det daglige.
  - Akkord nevnes som et insentiv som kan være med å bidra til å motivere og forankre planen. Milepælsinsentiver virker å passe godt overens med takt, men dette må undersøkes ytterligere.
  - En god start vil bidra til at fagarbeiderne opplever fordelene med å produsere med takt. Basene må tilrettelegge, og sørge for at forutsetningene for sunn produksjon i laget er på plass.
  - Basene må selv ha oversikt, forståelse og eierskap, før informasjon og planer videreformidles til fagarbeiderne. Være bevisst rollen som leder og ta hensyn til at fagarbeiderne ikke har deltatt i planleggingen.
  - Basene er ledere, og poengterer at det er det veldig viktig at de går foran som et godt eksempel, ved å være et godt forbilde, som er både synlig og tilgjengelig.
  - Eldre, innkjørte fagarbeidere er en større utfordring å få med på takt, enn de unge.
- **Hvordan kan man tilrettelegge for å optimalisere basenes rolle i taktplanleggingsprosessen?**
  - Tilrettelegging for å optimalisere basenes påvirkning, skjer hovedsakelig gjennom tidlig involvering i planprosessen. Dette gjelder Veidekkes egne baser, men like viktig er det å sørge for at basene til underentreprenører involveres i taktplanleggingen. Involvering av basene tidlig i planprosessen, gjør at man har nødvendig kompetanse og erfaring, som kreves for å etablere en pålitelig og gjennomførbar taktplan.
  - I taktworkshopene må basene få spillerom, men funksjonærer med kompetanse må være tilstede for å veilede og styre prosessen

- I produksjonen må basene fokusere på å tilrettelegge for takten og koordinere takten mellom vognene. I den sammenheng indikerer resultatene at vandrende basmøter vil være gunstig, spesielt i oppstartsfasen.
- Viktig at man i denne prosessen drar nytte av erfaringer fra tidligere prosjekter med takt. Se prosjektet som et ledd i en forbedringsprosess, der man vektlegger kontinuerlig læring og forbedring.
- **Hvordan kan man legge til rette for at problemer løses på lavest mulig nivå og bidra til at avklaringer og beslutninger tas tidlig og på riktig grunnlag? Hva skal til for at kommunikasjonen og samhandlingen mellom de ulike basene/fagene blir god?**
  - Ved å drive relasjonsbygging mellom basene og fagene, legger man til rette for god kommunikasjon og samhandling. Starter allerede ved første samling, bygge sosiale relasjoner, også i settinger som er utenfor arbeid, skape en teaminnstilling. Videre vil dette føre til at problemer løses på lavest mulig nivå ute i produksjonen, og bidra til at avklaringer og beslutninger tas tidlig og på riktig grunnlag.
  - Vandrende basmøter avklarer der og da, uten at flere ledd må involveres.
  - God stemning mellom fagene og basene bidrar til at man klarer å enes om og koordinere fornuftige løsninger for takten som helhet.
  - Sammensetningen av personell vil påvirke kommunikasjon og samhandling. Basene må ha respekt for andres fagfelt og evnen til å sette seg inn i deres perspektiv. Norskspråklige baser har bidratt til å lette kommunikasjonen.
  - Samarbeidet på tvers av fagene har vært meget godt og det har vært god flyt i kommunikasjonen
- **Hvilke typer samlinger og møter bør gjennomføres i forbindelse med både planlegging og produksjon?**
  - Både vandrende basmøter og oppstartsmøter med vognene har vært hensiktsmessig å gjennomføre i forbindelse med takten.
  - Vandrende basmøter beskrives som viktigst i oppstartsfasen, da behovet for avklaringer var størst i denne fasen. Gunstig å være ute i bygget, dermed kan løsningsvalg visualiseres, misforståelser unngås og avgjørelser tas der og da med de beste forutsetningene.
  - Oppstartsmøter bidrar til å skape eierskap til og forståelse for taktplanen. Fagarbeiderne har ikke deltatt i taktplanleggingen, og får gjennom dette møtet en innføring i hva takten innebærer for dem og hva som kreves.
- **Hvordan opplevde basene taktproduksjonen, sett i lys av planleggingsprosessen?**
  - Taktplanen slik den ble planlagt har blitt fulgt, men det har vært noen oppstartsproblemer. Noen forsinkelser internt mellom vognene, som man har løst fortløpende gjennom god kommunikasjon og samhandling mellom fagene.
  - Plukke ut leiligheter fra takten som følge av lekkasjer, benyttet som bufferområder videre.
  - Overleveringene mellom vognene beskrives som gode, der god kjemi og kommunikasjon har ført til at de ulike vognene er fleksible, spesielt der man ikke har klart å gjøre seg 100 % ferdig til overlevering. Eierskapet til de ukentlige

milepælene beskrives som en viktig faktor for at man klarer å holde takten og sikre gode overleveringer.

- Bemanningen nedjustert som planlagt, robuste med tanke på oppstartsproblemer.
- Det har vært noen mangler i bestillinger, der man har feilberegnet mengder. Konsekvensen har blitt at noen av fagene har måttet benytte seg av mindre bufferlagre.
- God stemning og høy trivsel som følge av tidlig involvering, samspill, riktig innstilling og at basene har klaffet godt med hverandre
- Den detaljerte planprosessen med takt, mener informantene at har bidratt til at det man har hatt riktig rekkefølge på arbeidsoperasjoner. Dermed har man opplevd lite feilmontering og ombygning.
- **Hvilke fordeler og utfordringer ser basene med bruk av taktplanlegging?**
  - Taktplanleggingen gir økt bevissthet omkring avhengigheter og grensesnitt, mellom fagene og arbeidsoperasjonene, ser helheten i produksjonsprosessen.
  - Forutsigbarhet, enfaglighet, ryddighet, felles eierskap til planen og forståelse for viktigheten av frister.
  - Tydelig og konkret taktplan, fornuftig soneinndeling og repeterende arbeider.
  - Papirfri byggeplass gunstig med takt, enklere å følge opp og kontrollere.
  - Basert på erfaringene fra planprosessen og etter oppstart produksjon, er basene entydige i sine svar om at taktplanlegging er noe de foretrekker foran andre, planleggings- og produksjonstilnærminger.
  - Utfordringer som trekkes frem spesielt er logistikk, varetransport og sårbarhet ved forsinkelser, for eksempel i grunnarbeid, oppføring av råbygg eller forberedende aktiviteter
  - Utfordrende med mange innleide, som skal skiftes ut etter hvert.
  - Krevende å tilby lærlinger en fullverdig opplæring, må flyttes mellom vogner for å variere arbeidet.

## 7 Diskusjon

Kapittelet inneholder forfatters personlige drøfting av resultatene knyttet til problemstillingen og forskningsspørsmål, i lys av relevant teori. Innledningsvis diskuteres planprosessen og produksjonen i lys av tidligere erfaringer med takt og slik metoden beskrives i litteraturen. Deretter vurderes det hvordan innstillinger, tidligere erfaringer og opplæring har påvirket prosessen. Videre følger en vurdering av basenes rolle i casen knyttet opp mot gjennomføringen av taktplanlegging og – produksjon. Kommunikasjon, samhandling og forankringen av taktplanen vurderes, før bruken av oppstartsmøter og vandrende basemøter i forbindelse med takt evalueres. Avslutningsvis diskuteres erfaringene fra taktproduksjonen.

### 7.1 Planlegging og produksjon med takt i casen

En stor utfordring, kanskje den største, med takt er planleggingen. Det å planlegge nok og riktig, og sikre at man har en tilfredsstillende detaljeringsgrad, er krevende med takt. Tradisjonelt ligger basenes planleggingshorisont rullende, tett opp mot utførelsen. Med takt utvides horisonten, og basene må løfte blikket og legge detaljerte planer for lengre perioder, ofte 6 måneder eller mer. Gjennom tidlig involvering av alle basene involvert i takten, både egne og underentreprenørers, har man i dette prosjektet klart å legge en realistisk plan, som alle fagene har eierskap og forpliktelse til. Frandson et al. (2013) og (2015), trekker frem viktigheten av at planleggingsprosessen er lagt opp som en felles, samlokalisert prosess. Alle aktører som er involvert i takten, skal sammen arbeide med å etablere taktplanen. I casen har alle underentreprenører vært involvert fra første stund i taktplanleggingen.

#### 7.1.1 Involverende planlegging og Last Planner System

Involverende planlegging er Veidekkes tolkning av LPS. Den største forskjellen ligger i involveringen helt ned på fagarbeidernivå i IP, mens LPS referer til basen som «Last Planner». Gjennom IP involveres fagarbeiderne i den ukentlige planleggingen av eget arbeid. IP har bidratt til at Veidekke har gått fra svært topptunge beslutningsprosesser, der anleggsleder i stor grad legger føringer og planlegger, til en desentralisert planleggings- og beslutningsprosess. På NærByen er det basene som får ansvaret med å representere de ulike fagenes interesser i taktplanleggingen. Fagarbeiderne har i denne prosessen hatt liten innflytelse på planene, og er avhengig av at basen representerer deres interesser. Casen illustrer viktigheten av en «nedenfra-og-opp»-tilnærming til planleggingen, der de som kjenner utførelsen, er de som planlegger den detaljert. Dette erfarte man blant annet ved bruken av takt på Kunnskapsenteret i Trondheim. Riktignok var dette et sykehusbygg med høy grad av kompleksitet, og dermed mindre grad av repeterbare arbeider i tilsvarende soner. I dette prosjektet snudde byggherre på «nedenfra-og-opp»-modellen, og planer ble lagt uten involvering av baser fra de ulike fagene. Konsekvensen ble at man blant annet bommet på fagrekkefølge og tidsestimater, og dermed opplevde feil og problemer med takten.



### **7.1.2 Planprosessen**

Tilnærmingen til taktplanleggingen i casen har tydelige fellestrekk med prosessen som Frandson et al. (2013) og Yassine et al. (2014) presenterer i sine publikasjoner. Den sekstrinns iterative prosessen for utvikling av en taktplan er i stor grad fulgt. Prosessen med informasjonsinnhenting, definering av soner, bestemme fagrekkefølge og fagenes varighet, balansere arbeidsflyten og ferdigstille produksjonsplanen, ligner veldig på det som ble gjennomført i casen. Der, Frandson et al. (2013) og Yassine et al. (2014), trekker frem viktigheten av erfaringstall og produksjonsdata, har man i prosjektet lagt større vekt på basenes erfaringer og kompetanse til å vurdere varigheter og arbeidsomfang. Basenes kjennskap til utførelsen gjør at det er mulig å planlegge detaljert og realistisk. Balansering av arbeidsflyten gjøres ved justeringer i bemanningen, der alle sonene er like for alle fagene. Innholdet i de ulike etasjene danner grunnlaget for hva hver enkel vogn skal produsere fra uke til uke, variasjoner løses ved opp- eller nedbemanninger i vognene. Dette krever at man har muligheten til å justere bemanningen. Variasjon i arbeidsoppgaver vil da redusere noe av den effekten man får fra repeterbare aktiviteter.

### **7.1.3 Taktworkshoper**

De 4 workshopene, som ble gjennomført i planleggingsfasen, dannet grunnlaget for å etablere taktplanen. I samlingene har basene, i tråd med LPS og IP, hatt hovedansvaret for å definere soner, bestemme fagrekkefølge og varigheter og estimere timeverk og bemanning. I LPS nevner Ballard (2000) nevner flere sentrale elementer i utviklingsplanlegging, som man finner igjen i taktplanleggingen på casen. Blant annet viktigheten av å bryte ned aktiviteter til fysiske arbeidsoperasjoner, og deretter lage detaljerte og metodiske beskrivelser for utførelse. Utformingen på NærByen gjør at prosjektet har mange gunstige egenskaper som oppfyller karakteristikkene, Bølviken et al. (2015) har satt for at taktplanlegging skal være velegnet i et byggeprosjekt. Metoden for å utarbeide taktplanen har benyttet seg av disse egenskapene på en gjennomtenkt måte. Blant annet har man valgt å plukke ut deler av bygget som fraviker fra flertallet av sonene. I tillegg har flere arbeidsoppgaver blitt plukket ut av takten, slik at man forenkler den, og dermed øker sjansen for å lykkes.

Lappeteknikken, som er en viktig del av Veidekkes IP, spiller en meget sentral rolle i prosessen med å utvikle taktplanen. Det er lagt opp til vogner med enfaglighet, med noen unntak for å komprimere planen. Dette har bidratt til at områdene som overleveres er i henhold til det som er avtalt. Dersom det blir flere fag i samme vogn, er det fort gjort at det blir utfordringer med overlevering av området. Jo flere involverte, desto flere vil det være å legge skylden på. Viktig at de fagene som eventuelt deler vogn, da har dialog om å samkjøre sine aktiviteter slik at de ikke forstyrrer hverandre.

Basene har veldig mye kunnskap om egen utførelse, og gjennom lappeteknikken får de også inngående kjennskap til hvordan de andre fagene jobber. Slike økter bidrar til økt forståelse for både eget og andres fag, med tanke på avhengigheter, utførelse og varigheter. Basene har den nødvendige kjennskapen og nærheten til utførelsen, som gjør at de i felleskap kan vurdere og diskutere helheten i arbeidet som skal utføres. Dermed blir det enklere å ta avgjørelser på riktig grunnlag, planlegge riktig, avklare produksjonen og unngå forglemmelser. Lappeteknikken

engasjerer basene, og det er tydelig at samlokalisering av basene i stor grad bidrar til flere avklaringer, som ellers kunne ført til problemer etter produksjonsstart.

Bemanningen i taktprosjekter er ekstra krevende, som følge av hvordan produksjonen legges opp, med mange små produksjonsenheter. Den tette koblingen mellom vognene gjør at man må være omstendelig i arbeidet med å estimere timeverk og bemanning. I casen har man kombinert erfaringstall og estimater, med basenes vurdering av nødvendig bemanning. Her har alle fagene, bortsett fra ett, tatt hensyn til at sonene har noe varierende omfang. Dermed vil bemanningen variere noe, fra uke til uke utover i prosjektet. Optimalt sett, skulle man kanskje tatt hensyn til variasjonene, men da ville soneinndelingen blitt mye mer kompleks.

En utfordring med takt, er at man har et stort antall underentreprenører som skal følge en felles plan, uten at det oppstår suboptimalisering. I de fleste prosjekter med takt, der grensesnittene mellom fagene er tette, vil små forsinkelser kunne påvirke hele toget med vogner som følger tett på hverandre. Dersom en vogn ikke klarer å holde seg innenfor takttiden, er man helt avhengig av at fagene kommuniserer og finner løsninger seg imellom. Da er det også viktig at taktplanen ikke skjøvet på underentreprenørene ovenfra, men at de selv har fått påvirket og vært med å utforme taktplanen og tilhørende avtaler.

Funksjonærene, med anleggsleder i spissen, har trukket opp de ytre rammene for planprosessen og lagt grunnlaget for det arbeidet basene har lagt ned. I casen har Veidekke som totalentreprenør, ansvaret for å sette de ytre rammene og veilede basene gjennom prosessen. Veidekkes tidligere erfaringer fra taktprosjekter har vært viktig med tanke på å legge opp en plan med tydelige rammer for taktplanleggingsprosessen. Det var lagt en konkret plan for innholdet i møtene, og krav og forventninger til sluttproduktet. Dette understrekes også av informantene, som beskriver en god planprosess. I tillegg til at det konkrete innholdet i møtene har vært godt gjennomtenkt, har basene heller ikke opplevd å være presset på tid i planleggingen.

Selv om planleggingen i prosjektet har vært omfattende og detaljert, vil man aldri klare å planlegge vekk all usikkerhet og uforutsigbarhet. Med taktplanlegging vil man derimot, slik prosessen er lagt opp i casen, mest sannsynlig ha en mer pålitelig og realistisk produksjonsplan.

#### **7.1.4 Variabilitet og buffere**

Hopp og Spearman's lov om variabilitet og buffere (2001), sier at variabiliteten i et produksjonssystem må tas hensyn til gjennom å implementere buffere. Både Toyota og Porsche, har lagt opp sine modeller slik at de skal være minst mulig avhengig av buffere. Tanken er at selve variabiliteten reduseres, og ikke pakkes inn i ulike typer buffere. Taktplanen på NærByen er lagt opp med noen tidsbuffere, og ekstra bemanning i oppstartsfasen. Variabiliteten reduseres ved å legge opp til høy grad av gjentakende arbeidsoperasjoner, i en bestemt rekkefølge og i gitte soner og tidsvinduer. Tidligere erfaringer tilsier at man ikke klarer å redusere variabiliteten til det nivået at man kan kutte ut buffere. Takt er relativt nytt for mange av de involverte aktørene og dermed er det lurt å planlegge inn denne sikkerheten. Ulempen er at man kanskje skjuler problemer i bufferne, og går glipp av potensielle besparelser.

De tette koblingene mellom produksjonsenhetene, gjør at man er sårbar med tanke på å takle variabilitet i produksjonen. I tillegg til nevnte buffere, vil det være en buffer i potensialet til å øke produksjonsenhetenes kapasitet. Samtidig vil oppstart ofte by på utfordringer og økt variabilitet, dermed har basene vurdert det slik at man starter takten med en relativ overbemanning. Den usikkerheten omkring taktproduksjonen, som vil være tilstede ved oppstart, vil gradvis reduseres etter hvert som man skaffer seg erfaringer og fokuserer på forbedringer, i tråd med PUKK-modellen.

Slik kan man oppnå en økt kapasitet utover i taktproduksjonen. Dette så man blant annet på taktprosjektet Moholt 50|50 (Skaret, 2017). Etter hvert som takten satt seg, og arbeiderne ble drillet på arbeidsoppgaven, hadde man en økt kapasitet i flere av vognene. Dermed kunne man enten plukke av folk og få besparelser, eller man kunne beholde den ekstra kapasiteten som en buffer dersom noe uforutsett skulle dukke opp. I taktavtalen til casen er det også lagt opp til kapasitetsbuffere i form av overtid, enten i inneværende uke, i helg eller på ettermiddag påfølgende uke. Overtid vil være mindre ønskelig, da det i bruken av overtid ligger en underliggende, delvis aksept for overtredelse av frister. Dette vil kunne svekke god overlevering mellom vognene, spesielt dersom overtid helg eller overtid påfølgende uke benyttes. Da kan ikke området overlates klart på fredag, og påfølgende vogn må eventuelt avvente og kan ikke klargjøre neste ukes arbeid. Dersom dette blir en tendens vil man måtte ta i bruk første del av uken til tilrettelegging og klargjøring. Ikke minst vil dette gå utover motivasjonen og påvirke stemningen på tvers av fagene. Dette understreker hvor viktig det er at de arbeidene som eventuelt skyves på, ikke påvirker fremdriften til etterfølgende vogn, slik at de uforstyrret kan starte opp med deres aktiviteter.

## **7.2 Innstilling, tidligere erfaringer og opplæring**

En god innstilling er ikke noe man kan bestille eller planlegge for. I prosjektet var gjennomføringsmodellen ukjent for flere av basene, og innstillingen vil i stor grad påvirke hvorvidt man klarer å få alle med på laget. Ny gjennomføringsmodell krever at alle fagene som skal delta i takten, møter utfordringer med en positiv innstilling. Dette bekreftes i intervjuene der flere av basene trekker frem innstilling, som en av de viktigste faktorene for at man skal lykkes med takt. Ingen av basene kom til prosjektet med en negativ opplevelse med takt, eller en forutinntatthet om at takt ikke er en god metode for å planlegge og gjennomføre byggeprosjekt. Fra intervjuene indikerer svarene til basene derimot at både innstilling og tilnærming til prosjektet og bruken av takt generelt var positiv.

Sammensetningen av basene varierte med tanke på erfaring knyttet til takt. Flere hadde ingen erfaring med takt fra tidligere prosjekter, mens andre hadde noe erfaring fra produksjonsfasen og et fåtall hadde tidligere erfaringer både fra planlegging og produksjon. Manglende erfaring synes ikke å ha hemmet planleggingsprosessen, tvert imot tyder resultatene på at basene uten erfaring med takt, kjapt fikk en positiv oppfatning av takt. Gjennomgående for basene med ansvar for vogner i takten, var at de var relativt unge og ferske i rollen. På den ene siden kan man si at de dermed mangler erfaring, men på den andre siden er takplanlegging noe som legger nye føringer på baserollen. Dermed kan kanskje deres manglende erfaring, gjør at de er mer åpne for implementering av nye metoder. På generelt grunnlag vil ofte de eldre ha større problemer

med å tilpasse seg nye metoder, da de ofte er innkjørt i gamle vaner. I tillegg har prosjekt lagt om til papirfri byggeplass, som medfører utstrakt bruk av digitale hjelpemidler.

Basenes innstilling er spesielt viktig fordi de, som ledere ute på byggeplassen, vil ha stor innvirkning på fagarbeidernes innstilling og holdninger til takt. I casen virker det som den positive innstillingen har vært forankret fra toppen. Funksjonærteamet ble tidlig sammensatt og nøkkelroller ble besatt med hensyn på erfaringer fra tidligere taktprosjekter. De som har ansvaret for å lede planprosessen og følge opp produksjonen med takt, må være positivt innstilt til takt.

Behovet for opplæring synes å være ivaretatt gjennom taktsamlingene i planleggingsfasen. Ut over dette ble det ikke tilbudt eller gjennomført noe opplæring for basene knyttet til takt. Fra intervjuene er det ingen av basene som trekker frem manglende opplæring, som et problem knyttet til takt. Basene har fått introduksjon om, og eksempler på hvordan taktplanleggingen har vært gjennomført på tidligere prosjekter. Det kan være flere måter å gjennomføre opplæringen på, og i prosjektet ble det lagt opp til at læringen i stor grad foregår parallelt med planlegging og produksjon, altså en «learning by doing»-tilnærming. En slik tilnærming til opplæring gjør at de som har ansvaret for å koordinere takten, må ha nødvendig kompetanse og være tilgjengelig for veiledning. Digitale verktøy og hjelpemidler virker å være en større utfordring med tanke på å tilby tilstrekkelig opplæring i casen. Flere av basene trekker frem de digitale hjelpemidlene som usikkerhetsmomenter, og skulle gjerne hatt ytterligere opplæring i disse.

### **7.3 Basenes rolle i planlegging og produksjon**

Taktplanlegging og involverende planlegging legger opp til at basene får en sentral rolle, som spesielt skiller seg ut i planleggingsfasen. Fra casestudien kommer det tydelig frem at kunnskapsrike og engasjerte baser er en viktig forutsetning for å få involverende taktplanlegging til å fungere. Ser man på de tradisjonelle beskrivelsene av basen, er rollen tydelig knyttet opp mot nærstående planlegging og oppfølging av produksjonen (Torget, 2004). Denne rullerende, nærstående planleggingen, vil i mye større grad være ivaretatt av den detaljerte taktplanen.

Ved utarbeidelse av en taktplan kreves det høy detaljeringsgrad og presisjon i nedbrytningen av aktivitetene. Basene har et meget godt grunnlag for å indentifisere problemstillinger og utfordringer, som funksjonærer ikke kan. Å indentifisere grensesnitt mellom fagene og avhengigheter mellom arbeidsoperasjoner, krever en inngående kjennskap til utførelsen for de ulike fagene. Basene har kompetanse og erfaring, som et fåtall av funksjonærene sitter med. Spesielt når det kommer til den konkrete utførelsen og dens gjennomførbarhet og varighet, er basenes kompetanse uvurderlig. Taktplanen i casen legger føringer på produksjonen 30 uker frem i tid. I denne tiden har basene og fagarbeiderne en tydelig forutsigbarhet i produksjonen. Dermed vil planlegging og koordinering i stor grad være forutsatt, med mindre problemer eller uklarheter oppstår underveis.

I produksjonen vil basens viktigste ansvarsområde være å tilrettelegge og sørge for at varer og utstyr er tilgjengelig. Taktplanen gir forutsigbarhet i produksjonen og basene kan dermed bruke

mer av sin tid på å tilrettelegge for lagene i takten. Arbeidet med akkorden beskrives som relativt omfattende, og basene bruker mye tid på å planlegge og følge den opp. En omlegging til milepælsakkord, som er prøvd ut i casen, vil redusere arbeidet med akkorden betydelig. Oppfølging og kontroll vil også være viktige ansvarsområder for basene i taktproduksjonen. Taktplanens rigide struktur, krever at man til enhver tid har kontroll, både på fremdrift og kvalitet. Tilstedeværelse, som synlig leder, ute i produksjonen vil en viktig faktor for å motivere og samtidig for å holde oversikt med fremdriften i takten. Basene vil ha hovedansvaret for å sikre at man lærer av avvik og problemer, slik at disse ikke gjentar seg i påfølgende gjennomføringer med takten. Her kan man trekke paralleller til PUKK, som handler om å optimalisere utførelsen etter hvert som man repeterer operasjoner og forbedrer sin framgangsmåte.

Å etablere en nær relasjon mellom handling og læring er et viktig prinsipp fra LC. Kontinuerlig forbedringsarbeid skal sikre at man hele tiden forbedrer framgangsmåten, både i prosess og for enkeltaktiviteter. Slik takten er lagt opp i casen, er det fokus på å tilbakeføre erfaringer til påfølgende taktuke. Gjennom konkrete tilbakemeldinger på tvers av fagene, kan man umiddelbart foreta korrigeringer i arbeidet. Gjennomføringene med takten forbedres fra gang til gang, ettersom problemer, uklarheter og usikkerheter tas tak i, og forbedres. Gjennom ukentlige vandrende fremdriftsmøter og overleveringer mellom vognene, vil eventuelle problemer avdekkes, og tiltak iverksettes uten videre opphold.

## **7.4 Kommunikasjon og samhandling**

En sunn dialog kjennetegnes ved gjensidig tillit og respekt for at andre har unike perspektiver og ulike utgangspunkt. Røsdal og Ørstavik (2011) kom i sin studie frem til at basene er meget sentral i den kommunikative strukturen i et byggeprosjekt, som resultatene fra casen også indikerer. I tråd med anbefalingene til Bygg21 (2019b) og (2019c) har kommunikasjon og samhandling på tvers av fagfeltene, med basene i spissen, vært viktige faktorer for at man har lyktes med takt. Slik produksjonen er lagt opp, med tette avhengigheter og minimalt med buffere mellom vognene, er det essensielt at man har en sunn dialog på tvers av fagene. Tidlig involvering har ført til at basene har etablert sosiale relasjoner til hverandre, før produksjonsstart. Kommunikasjon og samhandling mellom basene virker å ha fungert meget godt i dette prosjektet. I intervjuene mener basene at dette, i tillegg til tidlig involvering, henger sammen med hvilken type mennesker basgruppen er satt sammen av. Evnen til å sosialisere og samarbeide med andre mennesker er viktig.

Takt er utviklet med utgangspunkt i Lean-filosofien, og flere av de prinsipielt grunnleggende idéen bak LC, har vært viktig for å lykkes med planleggingen i casen. Kalsaas et al. (2017) trekker frem flere nøkkelpunkter, basert på Lean, for å lykkes med organisering og gjennomføring av byggeprosjekter. I casen har man, helt fra sammensetningen av funksjonærteam og gjennom tidlig involvering av aktørene i takten, fokusert på å forbedre den sosiale relasjonen mellom de involverte partene. Dette har lagt et godt grunnlag for samarbeidet, og hjulpet aktørene til å fokusere på å optimalisere helheten, og dermed unngå suboptimalisering. Kalsaas et al. (2017) nevner også viktigheten av å etablere et nettverk av forpliktelser, hvor man skaper en forståelse for at alle er avhengig av hverandre og forpliktet

overfor hverandre. Denne avhengigheten og forpliktelsen, kjenner man igjen i taktplanen, med de tette avhengighetene mellom fagene. De ulike fagene, eller vognene, har tydelige forpliktelser overfor hverandre knyttet til ukentlige overleveringer av områder. Gjennom en involverende og samlokalisert planprosess, har basene sammen arbeidet med å legge opp en taktplan, som best mulig håndterer avhengighetene mellom fagenes arbeider. Fokuset har vært å skape en helhetlig flyt i takten, som tar hensyn til grensesnitt, avhengigheter og samkjører arbeidet i en hensiktsmessig rekkefølge.

Samlokaliseringen og sosiale arrangement virker å ha bidratt at basene har en team-tilnærming til taktplanen. Resultatene tyder på at den gode stemningen i basgruppen har bidratt til at beslutninger i mye større grad gjøres med tanke på helheten i takten. Manglende fleksibilitet i taktplanene, har i prosjektet blitt løst ved at basene sammen finner løsninger. Dersom et fag mangler noe før de er ferdig i en etasje, kan man samkjøre dette slik at de kan få gjøre seg ferdig i påfølgende uke, uten at overtid eller helgearbeid blir nødvendig. Dette reflekterer en holdning om at man ønsker at hele takttoget skal flyte, og at man innser at ved å hjelpe og tilrettelegge for andre, så hjelper man seg selv også.

Sunn kommunikasjon og samhandling mellom basene og fagene, har også ført til at man i stor grad avklarer og koordinerer takten ute i produksjonen, uten at informasjonsflyten må opp i systemet. Dersom beskjeder må gjennom møtестrukturen, eller opp i kommunikasjonskjeden, oppstår det ventetid. Kommunikasjon og samhandling mellom fagene vil bidra til at man unngår misforståelser, som kan føre til feilproduksjon og ekstraarbeider. I casen har man unngått konflikter, som kan bidra til økt ineffektivitet, sløsing, dårlig arbeidsmiljø og fravær. Positiv innstilling, løsningsorientering, sosiale relasjoner, kommunikasjon og samarbeid har ført til at basene har klart å håndtere uenigheter og uklarheter før de eskalerer, og påvirker produksjonen negativt.

## **7.5 Taktplanens forankring hos de utførende**

For at taktplanen skal følges i produksjonen, er det viktig at man klarer å skape eierskap og forståelse for planen hos de utførende. Basene spiller en meget sentral rolle for å sikre engasjement for og forpliktelse til taktplanen blant fagarbeiderne. Basene er det siste leddet i ledelsesstrukturen på prosjektet, og fungerer som nærmeste leder for de som utfører arbeid ute på bygget. Basrollen fungerer som bindeledd mellom funksjonærteamet og fagarbeiderne. Funksjonærteamet kan ha meget godt eierskap til planen, men dersom ikke basene er på samme nivå, vil det være utfordrende å få fagarbeiderne til å få det samme eierskapet. Forankringen av planen må være gjennomgående fra prosjektledelsen, via basene og ned til fagarbeiderne.

Basene understreker at de selv må ha kjennskap og eierskap til planen, før de kan føre dette videre til fagarbeiderne. Deltakelse i planprosessen har bidratt til å gjøre det mye enklere å overbevise og få arbeidslagene med på taktplanen. I tråd med IP, flyttes planleggings- og beslutningsmyndighet tett opp mot utførelsen. I taktplanlegging representerer basen denne nærheten til utførelsen, og sitter med hovedansvaret for innholdet i planen. For fagarbeiderne vil det mest sannsynlig være enklere å ha eierskap til en plan, der basene og ikke ledelsen alene, er de som har lagt de detaljerte planene.

Siden fagarbeiderne ikke har vært involvert i utviklingen av taktplanen, må de få nødvendig informasjon om den, før de starter produksjonen. Oppstartsmøter, i regi av Veidekke, har i casen bidratt til å forankre planen hos fagarbeiderne. I tillegg har flere av basene avholdt interne oppstartssamlinger med sine vogner. Slike møter og samlinger er viktig for å gi fagarbeiderne en introduksjon til hvordan takten er lagt opp og hva den innebærer for dem. Det må stilles tydelige krav og forventninger til hvordan man ønsker at produksjonen skal forløpe. Taktproduksjon krever struktur og disiplin slik at planen overholdes. Positive erfaringer med takten allerede fra oppstart, vil også være en meget viktig faktor for å motivere og engasjere. Dersom planen skliir mye i starten, kan den positive innstillingen og forankringen av planen fort snu til noe negativ.

I tillegg til det som er nevnt, vil ulike insentiver kunne være viktig for å forankre taktplanen. Dette handler om å balansere mellom gulrot og pisk, altså negative og positive insentiver. I taktavtalen har man avtalt konsekvenser for de som ikke holder planen. Alle fagene, utenom Veidekke, benytter en tradisjonell akkordordning. Veidekke på sin side startet prosjektet uten akkord, men med et fast tillegg på timelønnen. Flere av Veidekkes baser mener dette har påvirket positivt på forholdet mellom betong og tømmer. Da forskningen ble avsluttet, var Veidekke i gang med å implementere milepælsakkord. Med takt er tidsfristene meget viktig, og tanken er at man skal belønnes dersom man overholder frister. Potensielt kan omleggingen til milepælsakkord også spare mye tid og arbeid for baser og funksjonærer, som tradisjonelt har brukt mye tid på tilrettelegging og oppfølging av akkorden. Problemet med tradisjonell akkord og takt, er at arbeidet er nøye bestemt fra uke til uke. Man ønsker ikke at skal vognene produsere fortere enn takten. Dermed vil det være få muligheter til å oppnå høye akkordbonuser, ut over det som ligger i takten. Ved eventuell nedbemanning, som følge av effektiv produksjon, kan man få bedre akkordbetingelser. Dette vil igjen kunne skape unaturlig høye lønninger, som spiser opp eventuelle besparelser man får av takten på prosjektnivå. Den tradisjonelle akkordløsningen er dermed ikke spesielt gunstig i taktprosjekter. Milepælsakkord, der fokuset ligger på overholdelse av fristene og gode overleveringer mellom vognene, vil kunne passe bedre med takt.

## **7.6 Bruken av møter og samlinger**

I casen har det vært tatt i bruk både tradisjonelle og nye møter. Møtene som det fokuseres på i denne oppgaven er oppstartsmøter og vandrende basemøter.

### **7.6.1 Oppstartsmøter**

Oppstartsmøtene er lagt til uken før de ulike vognene skal starte med sin taktproduksjon. Hensikten med møtene er å sikre at de riktige forutsetningene er på plass for sunn produksjon. Fra planleggingsprosessen har funksjonærene og basene, god oversikt over og inngående kjennskap til taktplanen. Den samme oversikten og forståelsen har ikke fagarbeiderne, som ikke har deltatt i denne prosessen. Derfor er det viktig at man gjennomfører et slikt oppstartsmøte der, der man gir fagarbeiderne en introduksjon til hvordan takten er lagt opp i prosjektet og legger grunnlaget for sikker og riktig produksjon. Den detaljerte gjennomgangen av takten til de ulike vognene vil tilfalle de enkelte basene, gjennom interne oppstartsmøter.

I møtene som ble observert, oppsto det en rekke gode diskusjoner omkring takten, HMS og kvalitet i utførelsen. I møtene avklares også flere usikkerheter og feil i produksjonsunderlaget. Spesielt viktig synes oppstartsmøtene å være for de vognene som ikke har fullstendig enfaglighet. Gjennom oppstartsmøtet fikk fagene sammen tenke gjennom og diskutere hvordan arbeidet kunne legges opp, uten at man går i veien for hverandre. Det er gunstig å bryte aktivitetene ned i små deloperasjoner, slik at man får fullstendig oversikt over hele operasjonen i vogna. Deretter vurderes hver enkelt deloperasjon med tanke på potensielle fallgruver. Dette skaper en bevisstgjøring blant de som skal arbeide i vogna, og gjør det enklere å identifisere og etterleve hensiktsmessige tiltak. Oppstartsmøtet tvinger de utførende til å tenke gjennom arbeidet som ligger i vogna, og hvordan man kan løse arbeidsoppgavene best mulig.

I flere av oppstartsmøtene trenger fagarbeiderne en del drahjelp for å komme i gang. Bas, anleggsleder og HMS-koordinator, er flinke til å dra i gang diskusjoner og følge opp underveis. Språk er også en utfordring i ett av møtene, der fagarbeider ikke er stødig i norsk. Deler av møtet tas på engelsk, mens resten er på norsk, fagarbeideren blir dermed noe passiv og ikke deltakende. Dette understreker viktigheten av en engasjerende møteledelse og felles språk for å lette kommunikasjonen.

Positiv innstilling blant deltakerne bidrar til gode møter. Bas og fagarbeidere virker å respondere positivt på et slikt møte, der de selv får bidra til å legge grunnlaget for det som skal skje i taktproduksjonen. Alternativt kunne man tatt utgangspunkt i de 7 forutsetningene for sunne aktiviteter, slik at man sikrer at alt er klart for utførelse.

### **7.6.2 Vandrende basmøte**

Hver torsdag møtes basene og går gjennom ukas takt, og 3 uker frem. De aktuelle områdene befares, og basene vurderer hvordan man ligger an i forhold til taktplanen. Et viktig element i møtene er dialogen omkring valg av løsninger. Dersom basene tar de nødvendige avgjørelser og avklaringer der og da, vil man unngå misforståelser og spare tid. Man slipper også å involvere flere beslutningsledd, slik at man blir gående å vente på avklaringer fra andre.

Vandrende basmøte legger et godt grunnlag for samkjøring av vognene og bidrar til raskere og riktigere avklaringer og avgjørelser ute i produksjonen. Dersom forutgående vogner velger løsninger som hindrer påfølgende vogner, tas dette opp i møtene. Da blir det mye enklere å finne løsninger som ganger alle. De ulike fagene vil, naturlig nok, ha fokus på eget arbeid, og det er ikke alltid så lett å sette seg inn i hva de andre skal gjøre. Da er det gunstig å være ute på bygget, slik at man kan observere det som diskuteres og visualisere løsningene konkret. Slik kan man tidlig avdekke problemer eller avvik, som kan rettes opp før det blir kritisk med tanke på takten. Møtene legger et godt grunnlag for å ta fornuftige og veloverveide valg, spesielt der fremdriften avviker fra takten

Vandrende basmøter bidrar til at basene har forløpende kontroll på produksjonen og kontrollområdene. Kontroll, oppfølging og avviksregistrering er viktig for å ta tak i problemer med en gang og for å sikre kontinuerlig forbedring. Feil eller mangler i utførelsen oppdages tidligere ved å befare områdene kontinuerlig. Møtene er sentral i forbedringsprosessen med takt, og legger et godt grunnlag for at påfølgende taktgjennomføringer blir mer effektive. Viktig at man i møtene også befarer områdene frem i tid, slik at man ved eventuelle avvik kan



iverksette tiltak så tidlig som mulig. Ved å gjennomføre slike møter hver uke vil man definitivt legge et godt grunnlag for å lykkes med takt. Spesielt i oppstartsfasen, der mye fortsatt er uavklart og usikkert, vil vandrende basemøter være hensiktsmessig.

## 7.7 Erfaringer med taktproduksjonen

I skrivende stund har 12 av 15 vogner blitt satt i produksjon, og man har så langt ikke opplevd nevneverdige avvik med tanke på den overordnede fremdriften. Taktplanen har i stor grad blitt fulgt, med noen mindre avvik. Overleveringene mellom vognene har vært smidige, der man har løst avvikene kjapt. Den positive relasjonen mellom basene og fagene, har ført til en innstilling der man hjelper hverandre på tvers av fag. Spesielt har tømmer, som tidvis har ligger noe fremfor takten, fristilt arbeidere som blant annet har bistått betong i reisingen av råbygget.

Der det har oppstått problemer for enkelte av vognene, har den gode relasjonen mellom fagene bidratt til at man finner gunstige løsninger for komme tilbake på planen. Flere av problemene i oppstarten skyldes vannlekkasjer. Rekkefølgen på blokkene, der man starter i lavblokkene i midten, har ført til utfordringer knyttet til å etablere tett bygg. Prosjektet har vært presset på tid, og dermed har man måttet begynne i blokkene som var reist først. Ideelt sett, skulle man startet på enden, i en av høyblokkene. I casen har dermed oppføringen av råbygget, ikke vært optimal med tanke på å legge til rette for takten.

Etter hvert som takten kom i gang, begynte flere av vognene å nedbemanne. Dette var som forventet siden man startet takten med en relativ overbemanning. Flere av vognene var tidlig ute med nedbemanning, som vitner om at oppstarten for de fleste har gått meget bra. En positiv konsekvens av ekstra kapasitet i oppstarten, er at vognene fra første stund fikk en god opplevelse med takten. Vognene har dermed stått bedre rustet med tanke på å takle forventede oppstartsproblemer.

Avvik i bestillinger og vareleveringer, har ført til noen få problemer knyttet til logistikken. Noe mellomlagring har vært nødvendig, men alt i alt har takten bidratt til en stor reduksjon i lagerhold. Erfaringer fra casen tilsier at det er meget vanskelig å bestille eksakt. Dermed kan mindre reserverlagre være nødvendig for å unngå stopp i taktproduksjonen. Bestillinger og leveranser er meget utfordrende med takt, og dette bør vies mye oppmerksomhet i planleggingsfasen. Bestillings- og leveranseplanene ble utarbeidet med bakgrunn i taktplanen og kan dermed sies å følge push-prinsippet. Estimat og prognoser, danner grunnlaget for leveransene i taktene, der det er vognen som arbeider i en sone som styrer vareflyten i det aktuelle området. Leveranser skjer fortløpende i takttiden, der man får varer etter hvert som behovet melder seg. Takttiden i prosjektet er 1 uke, dermed må nødvendige varer for uken, leveres fortløpende hver uke, som er en JIT-tilnærming.

## 8 Konklusjon

I denne masteroppgaven har planleggings- og produksjonsmetodikken taktplanlegging blitt studert og forsket på. Forskningen har vært rettet mot basene i et byggeprosjekt som benytter seg av takt. Problemstillingen som arbeidet med oppgaven skal forsøke å svare på er:

*«Hvordan kan man best mulig utnytte basene og deres kompetanse og erfaring i planleggings- og produksjonsprosessen, i byggeprosjekter som benytter seg av takt?»*

Forskningen baserer seg på en casestudie av byggeprosjektet NærByen. Takt er benyttet for innredningsarbeidene i den delen av prosjektet som består av leiligheter. Forskningsmetodene som er benyttet er dokumentanalyse, intervju og observasjon. Metodene, spesielt intervju og observasjon, har vært rettet mot basene som er knyttet til takten i prosjektet. Taktplanlegging og involverende planlegging medfører at basene i casen har hatt hovedansvaret for taktplanleggingen. Begrensninger knyttet til tid, gjør studien er avgrenset til planprosessen og oppstartsfasen i produksjonen med takt.

Dokumentanalysen viser en tydelig sammenheng mellom tidligere prosjekter og teori, og gjennomføringen av taktplanleggingen i casen. Veidekke har dratt nytte av tidligere erfaringer fra taktprosjekter, og tilpasset dem til prosjektet. Involverende planlegging og taktplanlegging har fungert godt sammen og lagt et godt grunnlag for planleggingsprosessen.

Taktplanleggingen ble gjennomført i 4 taktworkshoper, der hovedinnholdet i taktplanen ble etablert. Resultatene tyder på at det var satt av både tilstrekkelig med tid og ressurser. For senere taktprosjekter, vil man måtte vurdere dette nøye i sammenheng med kompleksiteten til bygget. Resultatene viser også viktigheten av at bedriften som er ansvarlig for å koordinere takten, besitter nødvendig kompetanse og ressurser. Flere av underentreprenørene hadde ingen erfaring med takt, og da må totalentreprenøren ha kompetente folk til å veilede og stille krav og forventninger til gjennomføringen. I taktworkshopene må basene få spillerom, men funksjonærer med kompetanse må være tilstede for å veilede og styre prosessen.

Tidligere erfaringer påvirker hvordan basene møter prosjektet. Resultatene tyder derimot på at innstillingen er vel så viktig som erfaringer med taktplanlegging. Informasjonen og opplæringen, som ble gitt gjennom taktsamlingene, var tilstrekkelig for å gjennomføre planprosessen.

Forankringen av taktplanen blant de utførende har vært god i prosjektet. Resultatene tyder på at innstilling, engasjement og forpliktelse, god oppstart og insentiver, alle er viktige faktorer for å forankre taktplanen. I tillegg vil oppstartsmøter med hver enkelt vogn, være viktig for å sikre at fagarbeiderne har forståelse for hva takten betyr for dem i det daglige. Basene må selv ha oversikt, forståelse og eierskap, før informasjon og planer viderefremmes til fagarbeiderne. Basene må gå foran som et godt eksempel og ta hensyn til at fagarbeiderne ikke har deltatt i planleggingen.

Tilrettelegging for å optimalisere basenes påvirkning, skjer hovedsakelig gjennom tidlig involvering i planprosessen. Dette gjelder Veidekkes egne baser, men minst like viktig er det å sørge for at basene til underentreprenører involveres i taktplanleggingen. Involvering av basene

tidlig i planprosessen, gjør at man har den nødvendige kompetansen og erfaringen, som kreves for å etablere en gjennomførbar og pålitelig taktplan. I produksjonen må basene fokusere på å tilrettelegge for takten og koordinere takten mellom vognene. I den sammenheng indikerer resultatene at vandrede basemøter vil være gunstig, spesielt i oppstartsfasen.

Ved å drive relasjonsbygging mellom basene og fagene, legger man til rette for god kommunikasjon og samhandling. Videre vil dette føre til at problemer løses på lavest mulig nivå ute i produksjonen, og bidra til at avklaringer og beslutninger tas tidlig og på riktig grunnlag. God stemning mellom fagene og basene bidrar til at man klarer å enes om og koordinere fornuftige løsninger for takten som helhet.

Basert på erfaringene fra planprosessen og etter oppstart produksjon, er basene entydige i sine svar om at taktplanlegging er noe de foretrekker foran andre, planleggings- og produksjonstilnærminger. Resultatene viser at basene ønsker å bidra med sin kompetanse og erfaring, og at dette er et suksesskriterium for å lykkes med takt.

## 9 Anbefalinger og videre arbeid

Denne oppgaven tar for seg basenes rolle i ett byggeprosjekt, der taktplanlegging er benyttet. Taktplanlegging er en metode for planlegging og gjennomføring av byggeprosjekter, som flere og flere aktører i bransjen har fått øynene opp for. Mange er i en fase der man fortsatt prøver ut nye tilnærminger til metoden.

Forskningen knyttet til casen i denne oppgaven, ble i hovedsak gjennomført knyttet opp mot taktplanleggingsprosessen. Det kan være aktuelt å følge basene tettere i produksjonsfasen, eventuelt knytte forskningen opp mot et ferdig prosjekt. Forskningen kan da se på erfaringer fra hele prosessen, fra planlegging til ferdigstillelse. Milepælsakkord ble innført i casen like før studien ble avsluttet. Det kan være aktuelt å vurdere dette, eventuelt andre insentiver, opp mot gjennomføring med takt.

Opgaven tar kun for seg én case, alternativt kan det kan være aktuelt å sammenligne flere caser av lignende karakter og dra paralleller mellom dem. Alternative forskningsmetoder i tillegg til de som er gjennomført i denne oppgaven, vil kunne være spørreskjemaer eller spørreundersøkelser. Slik kan man, gjennom innhenting av svar fra en rekke prosjekter, sammenligne og forsøke å trekke frem suksesskriterier og -faktorer. Det kunne også vært interessant å innhente data for å etablere gode erfaringstall. Interessante målinger i den forbindelse kan være status ved overlevering av vognene, timeverk forbrukt opp mot planlagt og justeringer av bemanning.

## Referanser

- Adresseavisen, 2018. *Her skal det bygges 154 nye leiligheter i Trondheim.* [Internett]  
Available at: <https://www.adressa.no/pluss/okonomi/2018/03/06/Her-skal-det-bygges-154-nye-leiligheter-i-Trondheim-16210409.ece>  
[Funnet 14 Mai 2019].
- Allott, N., 2019. *Store Norske Leksikon: Kommunikasjon.* [Internett]  
Available at: <https://snl.no/kommunikasjon>  
[Funnet 5 Juni 2019].
- Andersen, L., 2012. *Organisering av prosjekterings- og byggeprosessen St. Olav Hospital, Kunnskapssenteret*, Trondheim: NTNU, Samfunnsforskning.
- Andersen, L., 2016. *Organisering av komplekse prosesser: Vitenskapsteoretiske og filosofiske forutsetninger.* Bergen: Fagbokforlaget.
- Andersen, S. S., 2013. *Casestudier: Forskningsstrategi, generalisering og forklaring.* 2. red. Bergen: Fagbokforlaget.
- Andresen, D. et al., 2014. *Involverende planlegging i produksjon, veileder*, Oslo: Veidekke.
- Ballard, H. G., 2000. *The Last Planner System of Production Control (doktorgradsavhandling)*, Birmingham: The University of Birmingham.
- Binninger, M., Dlouhy, J. & Haghsheno, S., 2017. *Technical takt planning and takt control in construction.* Heraklion, Hellas, Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp. 605–612.
- Bonnier, K. & Kalsaas, B. T., 2017. Tradisjonell prosjektplanlegging og -styring i et Lean-perspektiv. I: B. T. Kalsaas, red. *Lean Construction: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon.* Bergen: Fagbokforlaget, pp. 61-89.
- Bygg21, 2019a. *Industrialisering av byggeprosjekter*, Oslo: Bygg21.
- Bygg21, 2019b. *Samhandling i byggeprosjekter*, Oslo: Bygg21.
- Bygg21, 2019c. *Vi bygger best - med åpenhet og tillit*, Oslo: Bygg21.
- Bygg21, u.d. *Skaper flyt på arbeidsplassen.* [Internett]  
Available at: <https://www.bygg21.no/en/artikler/nyheter/skaper-flyt-pa-arbeidsplassen/>  
[Funnet 4 Juni 2019].
- Byggfakta, 2019. *Mer autoritært på norske byggeplasser.* [Internett]  
Available at: <https://www.byggfakta.no/mer-autoritaert-pa-norske-byggeplasser-143036/nyhet.html>  
[Funnet 14 April 2019].
- Bølviken, T., Aslesen, S. & Koskela, L., 2015. *What is a good plan?.* Perth, Australia, Proceedings of the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp 93-102.

Bårnes, V. & Løkse, M., 2015. *Informasjonskompetanse*. 2. red. Oslo, Norge: Cappelen Damm Akademisk.

Dahlum, S., 2018. *Store Norske Leksikon: Validitet*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/validitet>

[Funnet 30 April 2019].

Dainty, A., Moore, D. & Murray, M., 2006. *Communication in construction: Theory and practice*. London: Taylor & Francis Group.

Dalland, O., 2017. *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 6. red. Oslo, Norge: Gyldendal akademisk.

Dalux, 2019. *Dalux field*. [Internett]

Available at: <https://www.dalux.com/no/dalux-field/>

[Funnet 2 April 2019].

Denzer, M., Muenzl, N., Sonnabend, F. A. & Haghsheno, S., 2015. *Analysis of definitions and quantification of waste in construction*. Perth, Australia, Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, 723-732.

Difi, 2018a. *Anskaffelser.no: Intervju som metode*. [Internett]

Available at:

[https://www.anskaffelser.no/sites/anskaffelser/files/metode.kval\\_intervjuer\\_fra\\_uio.pdf](https://www.anskaffelser.no/sites/anskaffelser/files/metode.kval_intervjuer_fra_uio.pdf)

[Funnet 24 Oktober 2018].

Difi, 2018b. *Samspillsentreprise - BAE*. [Internett]

Available at: <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/gjennomforingsmodeller/samspillsentreprise>

[Funnet 6 Juni 2019].

Eylertsen, J., Pedersen, F. E. & Øygarden, L., 2017. *Optimalisering av taktfast produksjon i byggeprosjekter (bacheloroppgave)*, Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg- og miljøteknikk.

Forbes, L. H. & Ahmed, S. M., 2010. *Modern Construction: Lean project delivery and integrated practices*. Boca Ration, Florida, USA: CRC Press.

Frandsen, A. G., Tommelein, I. D. & Seppänen, O., 2015. *Comparison between location based management and takt time planning*. Perth, Australia, Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, pp 3-12.

Frandsen, A., 2017. *LeanConstructionBlog*. [Internett]

Available at: <https://leanconstructionblog.com/Takt-time-planning-When-the-train-falls-off-the-tracks.html>

[Funnet 12 Mars 2019].

Frandsen, A., Berghede, K. & Tommelein, I. D., 2013. *Takt time planning of exterior cladding*. Fortaleza Brazil, 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp 527-536.

- Haghsheno, S., Binniger, M., Dlouhy, J. & Sterlike, S., 2016. *History and theoretical foundations of takt planning and takt control*. Boston, USA, Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, pp 53-62.
- Hopp, W. J. & Spearman, M. L., 2001. *Factory physics: Foundations of manufacturing management*. 2. red. Boston, USA: Irwin McGraw-Hill.
- Howell, G. A., 1999. *What is Lean Construction*. University of California, Berkeley, USA, Proceedings IGLC-7.
- Howell, G. A. & Ballard, G., 1997. Lean production theory: Moving beyond "Can-Do". I: L. Alarcón, red. *Lean Construction*. New York: Taylor & Francis, pp. 17-23.
- Hussein, B. A., 2016. *Veien til suksess: Fortellinger og refleksjoner fra reelle prosjektcaser*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Kalsaas, B. T., Bølviken, T. & Klakegg, O. J., 2017. Produksjon og prosjekter - flyt og verdiskapning i bygg- og anleggsnæringen. I: B. T. Kalsaas, red. *Lean Construction: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Fagbokforlaget, pp. 19-32.
- Kalsaas, B. T., Skaar, J. & Thorstensen, R. T., 2015. *Pull vs. push in construction work informed by Last Planner*. Perth, Australia, Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, pp. 103-112.
- Kenley, R. & Seppänen, O., 2010. *Location-based management for construction: Planning, scheduling and control*. London: Spoon Press .
- Kerzner, H., 2017. *Project management: A systems approach to planning, scheduling and controlling*. 12. red. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..
- Kjellén, U. & Albrechtsen, E., 2017. *Preventions of accidents and unwanted occurrences-Theory, methods and tools in safety management*. 2. red. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- Koskela, L., 2000. *An exploration towards a production theory and its application to construction (doktorgradsavhandling)*, Espoo, Finland: VTT Technical Research Centre of Finland.
- Kunz, J. & Fischer, M., 2009. *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestion*, Stanford, USA: CIFE - Center for Integrated Facility Engineering.
- Køster, C., 2017. *Metier OEC: Prosjektplanlegging steg for steg*. [Internett] Available at: <https://www.prosjektbloggen.no/prosjektplanlegging-steg-for-steg> [Funnet 4 Juni 2019].
- Langlo, J. A. et al., 2013. *Måling av produktivitet og prestasjoner i byggenæringen*, Trondheim: Sintef Teknologi og samfunn.
- Lean Enterprise Institute, u.d. *Toyota production system*. [Internett] Available at: <https://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system> [Funnet 5 Desember 2018].

- Lean Forum Norge , u.d. *Hva er Lean?*. [Internett]  
Available at: <http://www.leanforumnorge.no/forskning/lean-operations/hva-er-lean>  
[Funnet 7 Desember 2018].
- Lean Forum Norge, u.d. *Leanhistorien*. [Internett]  
Available at: <http://leanforumnorge.no/forskning/lean-operations/leanhistorien>  
[Funnet 5 Desember 2018].
- Lichtig, W. A., 2005. Sutter Health: Developing a contract model to support Lean Project Delivery. *Lean Construction Journal* 2, April, pp. 105-112.
- Linnik, M. & Berghede, K., 2013. *An experiment in takt time planning applied to non-repetitive work*. Fortaleza, Brasil, 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp 609-618.
- Monden, Y., 2012. *Toyota production system: An integrated approach to just-in-time*. 4. red. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Mordal, P., 2014. *Nytten av Taktplanlegging - Casestudie av prosjekt Horneberg B3, Masteroppgave*, Trondheim, Norge: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Morstøl, T. W., 2018. *Metier OEC: Hvorfor er planlegging i prosjekter viktig?*. [Internett]  
Available at: <https://www.prosjektbloggen.no/hvorfor-er-planlegging-i-prosjekter-viktig>  
[Funnet 4 Juni 2019].
- NTNU Senter for faglig kommunikasjon, u.d. *NTNU: Oppgavens struktur*. [Internett]  
Available at: <https://www.ntnu.no/sekom/oppgavens-struktur>  
[Funnet 11 September 2018].
- NTNU, u.d. *Finne kilder*. [Internett]  
Available at: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/norsk/finne+kilder>  
[Funnet 1 Oktober 2018].
- Olsson, N., 2011. *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir akademisk.
- Persvold, A. Z., 2019. *Store Norske Leksikon: Buffer*. [Internett]  
Available at: <https://snl.no/buffer>  
[Funnet 4 Juni 2019].
- Pihl, R., 2018. *Store Norske Leksikon: Just-in-time*. [Internett]  
Available at: <https://snl.no/Just-in-time>  
[Funnet 6 Desember 2018].
- Porsche Consulting, u.d. *Construction industry*. [Internett]  
Available at: <https://www.porsche-consulting.com/en/services/industry-expertise/construction/>  
[Funnet 17 November 2018].
- ProjectControls, u.d. *Vico Control (BIM based software)*. [Internett]  
Available at: <https://projectcontrolsonline.com/vico-control-bim-based-software>  
[Funnet 10 April 2019].



- ProsektNorge , u.d. *Usikkerhetsanalyse på tid*. [Internett]  
Available at: <http://v1.prosjektnorge.no/index.php?pageId=987>  
[Funnet 10 Desember 2018].
- Richert, T., 2016. *LeanProject: Are you measuring tasks made ready (TMR)?*. [Internett]  
Available at: <https://www.leanproject.com/news/are-you-measuring-tasks-made-ready-tmr/>  
[Funnet 5 Desember 2018].
- Richert, T., 2017. *Lean Construction Blog: What is the Last Planner System?*. [Internett]  
Available at: <https://leanconstructionblog.com/What-is-the-Last-Planner-System.html>  
[Funnet 1 Desember 2018].
- Røsdal, T. & Ørstavik, F., 2011. *Kommunikasjon i byggeprosjekter*, Oslo: Nordisk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning.
- Seppänen, O., 2016. *Lean Construction blog: Introduction to Location Based Management System: CPM on Steroids Combined with Flowline Visualization*. [Internett]  
Available at: <https://leanconstructionblog.com/Location-Based-Management-System-CPM-on-steroids-combined-with-flowline-visualization.html>  
[Funnet 28 November 2018].
- Seppänen, O., 2017. Lokaliseringsbasert planleggings- og styringssystem. I: B. T. Kalsaas, red. *Lean Construction: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Fagbokforlaget, pp. 91-120.
- Seppänen, O., Ballard , G. & Pesonen , S., 2010. The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System. *Lean Construction Journal*.
- Skaret, O. M., 2017. *Intervju anleggsleder Moholt 50|50* [Intervju] (8 Mars 2017).
- Svartdal, F., 2018. *Feilkilder i forskning*. [Internett]  
Available at: [https://snl.no/feilkilder i forskning](https://snl.no/feilkilder_i_forskning)  
[Funnet 2 April 2019].
- Tjora, A., 2017. *Kvalitative forskningsmetoder*. 3. red. Oslo, Norge: Gyldendal akademisk.
- Todsén, S., 2018. *SSB: Produktivitetsfall i bygg og anlegg*. [Internett]  
Available at: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitsfall-i-bygg-og-anlegg>  
[Funnet 10 September 2018].
- Torget, L. M., 2004. *En studie av jobben som bas i byggebransjen*, Oslo: Universitetet i Oslo.
- Toyota, u.d. *Toyota production system*. [Internett]  
Available at: [https://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/toyota\\_production\\_system/](https://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/)  
[Funnet 5 Desember 2018].
- Vatne, M. E. & Drevland, F., 2016. *Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study*. Boston, USA, Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, pp. 173–182.
- Veidekke, 2018. *Taktplan NærByen*. Trondheim: Veidekke.

Veidekke, 2019. *Veidekke i korte trekk*. [Internett]  
Available at: [http://veidekke.com/incoming/article30076.ece/binary/1-sider\\_NORSK\\_februar%202019.pdf](http://veidekke.com/incoming/article30076.ece/binary/1-sider_NORSK_februar%202019.pdf)  
[Funnet 19 Mars 2019].

Wohlin, C., 2014. *Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering*. Karlskrona, Sverige, Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering.

Womack, J. P., Jones , D. T. & Roos , D., 1991. *The machine that changed the world*:. New York: Simon and Schuster.

Yassine, T., Bacha, M. B. S., Fayek , F. & Hamzeh, F., 2014. *Implementing Takt-Time Planning in Construction to Improve Work Flow*. Oslo, Norge, 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, pp 787-798.

Yin, R. K., 2014. *Case study design research: Deasign and methods*. Los Angeles, USA: Sage Publications.

Øsby-Deglum, E., Svalestuen, F. & Drevland , F., 2013. *Kompendium: TBA4127 Prosjekteringsledelse*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelig Universitet.

## **Vedlegg**

<b>Vedlegg 1</b>	Intervjuguide planprosess
<b>Vedlegg 2</b>	Intervjuguide produksjon oppsummerende
<b>Vedlegg 3</b>	Observasjonsnotat taktworkshop
<b>Vedlegg 4</b>	Observasjonsnotat oppstartsmøte
<b>Vedlegg 5</b>	Observasjonsnotat vandrende basemøte
<b>Vedlegg 6</b>	Taktplan

## Vedlegg 1 – Intervjuguide planprosess

**Dato, tid og sted:**

**Stilling og fag:**

**Firma:**

**Bransjeerfaring (erfaring med taktplanlegging fra tidligere?):**

### **Kort om intervjuet**

Bakgrunnen for intervjuet er gjennomføring av masteroppgave i prosjektledelse, ved bygg- og miljøteknikk NTNU. Temaet for intervjuet er **taktplanlegging** i byggeprosjekter, og jeg ønsker å få oversikt over hvordan basene har arbeidet gjennom planprosessen knyttet til taktproduksjonen på NærByen. Individuelle erfaringer, vurderinger og synspunkter er spesielt av interesse.

Hensikt: Få innsikt i hvordan basene planlegger takt. Hvordan blir man enige og sammen finner løsninger. Hvordan har prosessen vært, konkret, og hvordan den har påvirket innstillingen til prosjektet.

### **Spørsmål**

1. Innstilling til taktplanlegging før oppstart/tidligfase og har noe endret seg knyttet til dette underveis i prosessen?
  - a. Henger dette sammen med tidligere erfaringer med taktplanlegging? Eventuelt hva er likt/forskjellig?
  - b. Hvis nytt, hvordan var det å sette seg inn i prosessen?
  - c. Opplæring?
2. Innholdet i planprosessen, og de 3 taktmøtene:
  - a. Soneinndeling
  - b. Fagrekkefølge (lappeteknikk)
  - c. Bemanning
  - d. Logistikk og leveranser
  - e. Forberedende aktiviteter
3. Hvordan har du opplevd planprosessen?
  - a. Hva er bra og hva er mindre bra? Forslag til endringer.
  - b. Er det satt av tilstrekkelig med tid og ressurser til planleggingen?
  - c. Organisering av prosessen
  - d. Sammenlignet med prosjekter uten takt; innflytelse og involvering? Mer eller mindre tid- og ressurskrevende?
4. Samarbeidet på tvers av de ulike fagene, hvordan har det fungert?

- a. Bidrar til at en får gjort flere avklaringer før produksjonen starter?
- 5. Forankringen av taktplanene i det utførende ledd, hvordan skal man klare å skape eierskap, forpliktelse og engasjement?
  - a. Sammenlignet mot andre prosjekter uten takt?
- 6. Generelle betraktninger, fremheve de største fordelene og utfordringene?
  - a. Ting som kunne vært gjort annerledes?
  - b. Nytteverdi?
  - c. Om man fikk velge, er taktplanlegging noe du ville valgt?

## **Vedlegg 2 – Intervjuguide produksjon oppsummerende**

**Dato, tid og sted:**

**Deltakere:**

### **Kort om intervjuet**

Det er et avsluttende intervju i forbindelse med masteroppgaven om basrollen i takt. Målet er å oppsummere taktplanleggingen og status per nå. Tanken er også at basene skal se tilbake på planleggingsprosessen og vurdere den i lys av nåværende status i prosjektet.

### **Spørsmål**

1. Har planen blitt fulgt frem til nå?
2. Overleveringene mellom vognene.
3. Bemanningen, eventuelle opp- eller nedjusteringer?
4. Leveranser, logistikk og varetransport.
5. Forholdet mellom fagene og basene.
6. Vandrende basemøte og oppstartsmøte
7. Sett tilbake på planprosessen, noe som kunne vært gjort annerledes, noe som er glemt?

## **Vedlegg 3 – Observasjonsnotat taktworkshop**

**Sted:**

**Tid og dato:**

**Deltakere:**

**Hva skal observeres:** Møtet som observeres er taktworkshop nummer 4 og den siste før taktproduksjonen starter opp mandag i uke 9. Jeg ønsker å se hvordan basene jobber for å bli enige om å løse problemer og uklarheter.

- Innholdet i møtet, hva gjennomgås.
- Generell oppfattelse av taktplanlegging og deres holdning til dette.
- Innstilling til takt og stemningen i basgruppen.
- Se på hvordan kommunikasjonen er fra de som leder møtet og hvordan dette kan påvirke deltakerne.
- Hvilke diskusjoner oppstår, hvordan klarer man å komme til enighet og fremskaffe avklaringer.
- Spesielt med tanke på toppetasjene, hvordan finner man frem til en omforent taktplan.

**Egen posisjon og deltakelse**

**Observasjonsbeskrivelse**

**Forstyrrelser**

**Tolkning**

## **Vedlegg 4 – Observasjonsnotat oppstartsmøte**

**Sted:**

**Tid og dato:**

**Deltakere:**

**Hva skal observeres:** Oppstartsmøte for vognene i takten.

- Konkret innhold, hva gjennomgås, noe som mangler/kunne vært gjort annerledes?
- Generell oppfattelse av taktplanlegging og deres holdning til dette. Er det folk som er skeptiske/ytrer motstand. Hvordan påvirker innstilling og holdning møtet?
- Se på hvordan kommunikasjonen er fra de som leder møtet og hvordan dette kan påvirke deltakerne.
- Hvilke diskusjoner oppstår, hva diskuteres og hva blir resultatet av dem?
- Er et slikt oppstartsmøte med på å legge et godt grunnlag for taktproduksjonen? Bidrar til økt forståelse, eierskap og forpliktelse til taktplanen?

**Egen posisjon og deltakelse**

**Observasjonsbeskrivelse**

**Tolkning**



## **Vedlegg 5 – Observasjonsnotat vandrende basemøte**

**Sted:**

**Tid og dato:**

**Deltakere:**

**Hva skal observeres:** Vandrende basemøte, der basene går gjennom ukas taktproduksjon og 3 uker frem.

- Hvordan forløper kommunikasjonen seg mellom basene, hvem diskuterer og hva leder diskusjonene frem til?
- Hvilke diskusjoner oppstår, hvordan klarer man å komme til enighet og fremskaffe avklaringer?
- Jeg ønsker å se hvordan basene jobber for å bli enige om å løse problemer og uklarheter, mens de befarer produksjonsstedet.

**Egen posisjon og deltakelse**

**Observasjonsbeskrivelse**

**Forstyrrelser**

**Tolkning**

# Vedlegg 6 – Taktplan

